雙 月 刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO.156

2015 OCTOBER

未來的電哪裡來？替代能源能替代核四嗎？

台灣需要有負責任的能源態度

瑞典用過核燃料最終處置現況

到核三廠南展館打工換宿

福島事故4年後 日本川內核電廠重新開始運轉

韓國正式啟用首座放射性廢棄物處置場



核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER

NO.156 雙月刊

OCTOBER 中華民國一〇四年十月號

封面故事

讀者論壇

熱門話題

專題報導

特別報導

核災應變問與答

健康快遞

核能脈動

核能新聞

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一O一號研發大樓208室
電　　話：（03）571-1808
傳　　真：（03）572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
E-mail：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、李清山、汪曉康、陳布燦、陳條宗、劉仁賢、謝牧謙、簡福添（依筆畫順序）
主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：羅德禎
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：台北市民生東路二段166號6樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠

編者的話

我國和日本的天然環境與能源供應有許多相似之處，雙方關係密切，台灣民眾對日本各種產業動態也非常關切。福島事件之前，日本是世界核電使用第三大國，核電占能源供應約30%；福島事故後，48座核能機組全數停機，有2年處於零核電狀態，直到今年9月初，川內電廠1號機重新啟動供電。

我國有民眾認為核電非常危險，一再要求應立刻停止核能發電，全部改由再生能源供電。這類主張到底可不可行？一旦實施會是何種情境？我們只要轉頭右望就可以清楚知道結果。

日本零核期間，因再生能源無法作為基載電力，政府選擇依賴石油、煤與天然氣等化石燃料以支撐國內用電需求，二氧化碳排放量也屢創新高。日圓重貶後，能源支出費用相對暴增，2011-2013年，日本貿易逆差達18.1兆日圓，其中55%是能源進口。各大電力公司嚴重虧損，民間企業更不斷對政府施壓，希望能重啟核電廠的聲浪日益升高。這是日本為我們做的第1個實驗。

在發生嚴重核災之後第4年，民間反核力道仍然強勁之時，日本經濟產業省今年4月28日公布2030年最佳電力能源組合草案，其中核電比例設定為20-22%，比我國目前核電占比18%還高；對於運轉40年以上的老舊核電廠還決定可延長其運轉壽命。這是日本為我們做的第2個實驗。

這份草案中將再生能源占比提高至20%，但是日本國土約75%屬於山地丘陵地形，難以架設大型太陽能發電裝置；較能穩定發電的地熱、水力和生質能發電，總計最多只能達到15%；因天氣影響發電量的太陽能和風力發電合計不到9%。《華爾街日報》也認為，日本要從2013年再生能源10%的發電量，一舉跳升至2030年的20%難度很大。這是日本為我們做的第3個實驗。

日本的新能源政策將核能發電定位為成本低、不分晝夜可穩定發電的基礎能源之一，清楚顯示在降低能源成本的同時必須注重能源的穩定供應。根據日本政府估算，發電成本較低的核電比率提高至20%以上將可以抵消再生能源普及化的成本，進而抑制電價上漲。這是日本為我們做的第4個實驗。

停核4年來，日本電價大漲28%，這是日本為我們做的第5個實驗。很多事情不需要自己實地做了之後才知道結果，我們可以閱讀歷史鑑古知今，更可以就近觀察他人作為汲取寶貴的教訓。

未來的電哪裡來？
替代能源能替代核四嗎？

文・編輯室

經濟要發展、國家要建設，用電量就會持續增加；可是老舊電廠陸續除役，核四廠封存不商轉，台灣備用容量已不足10%，電力已經出現缺口。到底缺電狀況有多嚴重？原因又是什麼？在這裡我們不預設立場，也不先做結論，只針對事實陳述，告訴大家台灣電力的困境，唯有誠實面對電力供需的挑戰，才能為未來做好準備。

核四廠已經正式封存，民間團體有許多聲音，建議將核四廠改建為天然氣發電廠，讓我們先來看看是否可行：

核四廠改為天然氣發電廠？

1.已蓋好的核電廠，若改為天然氣電廠，設備僅可留用 3%

燃氣與核能機組在設計上完全不同，燃氣複循環先與空氣燃燒（1,300℃），回收廢熱氣再產生蒸汽發電，因此燃氣機組蒸汽量小、壓力高且溫度高（550℃）；而核能機組產生的蒸氣量大（比燃氣機組多6倍），且壓力與溫度較低（280℃），因此兩者設備無法互用。

2.核四廠改為天然氣電廠，恐無氣可供發電

我國天然氣98%依賴進口，需經液化後船運來台，現有2座液化天然氣（LNG）接收站於南部高雄永安與中部台中港，最大供氣能力為一年1,400萬噸。我國103年天然氣總用量為1,356萬噸，已經接近現有接收站供氣上限。

目前我國80%的天然氣用於發電，以供現有12座天然氣電廠使用，其餘為民生、工業用。如核四廠改為天然氣電廠，以核四廠年發電193億度計算，約需300萬噸天然氣，短時間將無氣可燒，需再增建第3座接收站才能供氣。長期若未增建天然氣接收站與儲存、輸送設備，即使核四廠改建為燃氣電廠也無法運作。

3、北部興建天然氣接收站，緩不濟急且諸多限制

因天然氣接收站須興建於海邊，依照政府對海岸沿線的保護政策，海岸重大計畫將嚴格審議，可以預見新建接收站計畫不易通過。

台灣海岸地形缺少自然屏障，若興建天然氣接收站，必須投入巨大資金興建防波堤。

台灣北部因土地資源缺乏，民眾對既有土地上興建天然氣儲存槽存有疑慮，因此土地須靠填海造地取得，土地取得成本偏高。

台灣海峽氣象條件不佳，夏天有颱風侵襲，冬天北部則有東北季風影響，不利於天

然氣船進港卸載。

天然氣船卸載受海象限制，需考量風速、波高、能見度、海流、雷雨及颱風等，導致每年無法靠泊卸載天數-永安廠35天、台中廠77天。

估計在北部新建第3座天然氣接收站，約需新台幣600億元，其興建期程（含前置作業）約8-10年，時間上無法填補核四廠封存的電力缺口。

4、北部天然氣管線鋪設不易

現有輸送天然氣管路包括海管與陸管，永安廠及台中廠卸收天然氣先分別以永安至通霄及台中經通霄至大潭海管，送到通霄及大潭，再以陸管送至各燃氣廠。

若核四廠改為天然氣電廠，因核四廠位於北部貢寮，如採海管必需繞過整個台灣北部，沿途礁岩遍布，加上冬季海象惡劣，施工不容易。如採陸管，需經過人口稠密的北部地區，且途經環境生態敏感地區，恐將面臨民眾抗爭，施工困難度很高。

5、核四廠改為天然氣電廠，衝擊能源安全

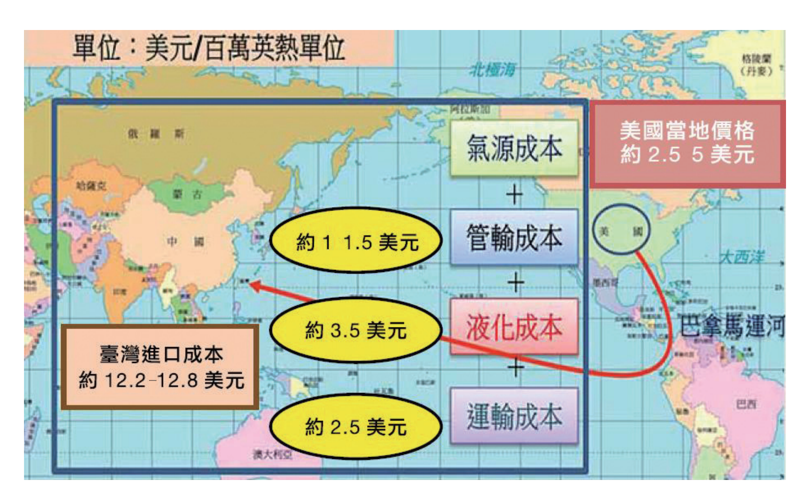
我國天然氣98%由國外進口，前3大進口國卡達、馬來西亞及印尼即占約 8 成。採購以長約為主，現貨為輔。運輸時間約4-12天不等，海運風險較高。

液化天然氣依賴船運進口，易受外在因素如颱風、地緣政治等影響，現有天然氣安全存量為7-14天，若要取代核電進行全天發電，所需天然氣要更多，若船運受颱風影響導致天然氣供應短缺，立刻對國家能源安全構成威脅。

6、核四廠改為天然氣電廠，發電成本高

美國、歐洲等地天然氣主要是以管線輸





▲ 我國天然氣進口成本示意圖　　資料來源：經濟部能源局

送，以美國為例，當地價格約為2.5-5美元/百萬英熱單位，而經由液化、儲存、船運至台灣再氣化使用，成本將升高至12.2-12.8美元/百萬英熱單位，是管線天然氣輸送的3-5倍。

天然氣價格占燃氣發電成本80%以上，這表示如果我國天然氣發電占比高，則天然氣價格波動將直接影響電價。103年我國天然氣發電成本為3.92元/度，核能發電成本為0.96元/度（核一、核二、核三設備已折舊完畢），預估核四廠商轉後發電成本約為2元/度，顯見天然氣做為燃料的發電成本遠高於核能。

表一 . 目前能否以再生能源取代核四發電

太陽能？	1. 有日照時才有電，平均每天滿載發電只有 3-4 小時電，利用率偏低，無法替代 24 小時發電的核四廠。 2. 不考慮能源特性，若要以太陽能板發出核四廠每年 193 億度的電，就要舖滿 160 平方公里的土地。
風力？	1. 風力發電必須有夠強的風才能發電，無法持續穩定發電，無法替代 24 小時發電的核四廠。 2. 如果想要發出一座核四廠每年 193 億度的發電量，需要全台灣環島一圈全部插滿了風機才夠。
地熱？	1. 我國淺層地熱發電推估可開發電量僅約 15 萬瓩，只有核四廠總容量 5.6%。 2. 深層地熱發電目前在國際間都沒有商轉的電廠，技術還有待開發。
天然氣？	1. 天然氣安全存量有限，夏天的安全存量僅僅只有 7 天，且天然氣成本高、碳排放量也會居高不下。 2. 北部新建天然氣接收站緩不濟急，估計約需 8-10 年，無法填補核四廠封存所造成的電力缺口。

資料來源：經濟部

台灣需要負責的能源態度

文・梁正宏

30多年前，當海峽兩岸還處於互不往來的緊張局勢，筆者前往美國深造，研究團隊中正巧有位中共高幹子弟。最初他刻意避開我，深怕淪為被鬥爭的把柄，久久才放下面具。即使如此，剛開始他也只敢暗地裡向我借閱台灣報紙、索取台灣郵票，有天他鼓起勇氣問我：「聽說台灣挺窮的，女生只能省吃儉用把長裙剪做兩條，穿起迷你裙來！」我拍拍他的肩膀笑答：「老哥，你弄錯啦！迷你裙在台灣可貴得很，要價常不只兩條長裙！」

以前大陸搞政治，台灣拼經濟，沒想到30多年後，立場顛倒，大陸拼經濟，台灣搞政治。現在的台灣社會，政黨惡鬥日益嚴重，竟遍地興起當年中共的騙術，甚至不惜指向「能源」議題，造成莫大傷害。

最常聽見的蠱惑是：「太陽能與風力可以取代核能。」殊不知台灣地狹人稠，若要用太陽能來取代3座核電廠，太陽能板需鋪滿1.2個台北市；若改用風力的話，則風機需插滿台灣環島



2圈。這還只是算到核能僅占台灣總發電量的18%而已，若要「全面」推廣綠電，那可至少要再乘上5倍才行，寸土寸金的台灣該如何辦到？太陽能與風力屬靠天吃飯的能源，前者需一年四季陽光普照，後者要穩定持恆的風量，兩者皆無法365天24小時連續運轉。對於

像台積電這樣「無法一分鐘沒電」的產業就派不上用場，需要借助其他可穩定供電的能源，例如核能。近日蘇迪勒颱風過境，再將散落的太陽能板與吹斷的風機，相較於核安可抗拒天然災害的等級，優劣之分，顯而易見。是以，太陽能與風力無法取代核能。台灣若要完成能源轉型，尚需更完善的計畫、配套與時程才行。

另一離譜的說詞是：「全球核能工業發展呈現衰退的現象」。事實上，目前全球核能工業正亮著光明遠景的經濟綠燈，除了438座核電廠持續運轉外，另有超過100座核電廠通過延役申請，甚至還有67座核電廠正在興建中。國際原子能總署（IAEA）最新報告指出：2013至2040年間，全球核能發電量可望成長60%。另值得一提的是，連盛產石油的阿拉伯聯合大公國為防止石油耗盡後，再度過上貧苦生活，規劃了4座核電廠的建設計畫，預計於2017年蓋好第一座。

目前台灣社會裡還充斥著許多類似的能源謬論，就不在此逐一澄清。

台灣的當務之急，除了避免步步進逼的限電危機，也為了讓台灣子孫日後不必真的將長裙剪做兩條迷你裙來穿，亟需尋回負責的能源態度：明白地瞭解「經濟為民生的動脈，能源為經濟的血液」；負責地認清「能源工業需投入龐大的人力與財力，務實以對，絕非朝夕可得。」

核能工業的發展近乎一個世紀，運轉技術成熟，實務經驗豐富，發電成本便宜。尤其，它屬於低碳潔淨的綠色能源，在因應氣候變遷上，完全符合未來的能源選項。台灣為何還像童話裡，力尋世界最美麗花園的小王子，一味急於外求，而忘了回首自家的後院？

台灣與日本在地理位置上十分鄰近，文化風俗相似，並同為能源極度仰賴進口的島國。然而日本自發生福島核災，宣布減核、零核政策後，一向怯於面對錯誤的日本，竟在今年8月11日挺身而出，勇敢地承認核能不可抹滅的重要性，並以川內核電廠的重啟，為核能復甦打響第一炮，完全顯現日本對於能源負責的絕佳態度。

台灣在借鏡與省思之餘，是不是也該奮起直追了呢？

（本文作者為清華大學核子工程與科學研究所特聘教授）

先進的龍門核四廠應早日商轉

文・江仁台

花費93億美元的龍門核四廠，7月起封存。7月 22 日《華爾街日報》發布〈台灣選擇脆弱〉一文評論指出，台電恐面臨破產，走向廢核將使台灣更易遭致中國大陸脅迫，讓重要核電廠破落，也反映台灣不知事態嚴重。

核四廠反應爐是通用電氣（GE）公司設計的第七代進步型沸水式反應爐（ABWR）。金山核一廠為第四代（BWR4），國聖核二廠為第六代（BWR6）。

英國在福島核災後，支持核電的民調不降反增，因為大多數的英國人認為，氣候風險遠大於核能風險，因為氣候風險無法控制，但核災的風險卻可以控制。現在，英國正在建與核四廠同型的ABWR反應爐。

先進核四廠的核安改良

龍門核四廠ABWR反應爐的先進改良包括：

1.ABWR爐心增加冷卻水水流面積，除可提高發電效率，還可增加安全度。

2.ABWR使用爐內循環泵，較核一、核二使用的外循環泵效率高，並耐震。

3.ABWR使用全數位化反應爐的保護系統，確保高水準的可靠性，並簡化了安全檢測和應變能力，使得控制室可更容易、更快速的控制電廠的運轉。

4.ABWR使用改進緊急爐心冷卻系統，對預防事故發生提供了非常高水準的保障；在嚴重事故時，提供不須電力的自動冷卻水循環深度防禦，這項改進使龍門比核一、核二更安全。

5.ABWR使用改良型的圍阻體，圍阻體內充氮氣，並有除氫氣裝置；此外，還在圍阻體壁上開了足夠大的孔，並有過濾裝置，可阻擋帶放射性同位素的微塵，而讓氫氣釋出以阻止氫爆。

此外，台電對龍門核四廠的核安改良包括：

1.增建2.5公尺的海嘯牆（高於海平面、標高14.5公尺）。

2.抽水機房建有各自獨立的水密間保護。

3.除配置氣冷式柴油發電機（標高12.3公尺），還配置氣冷式渦輪發電機（標高29.8公尺）為後備電源。

4.在後山上建置大型生水池（標高117公



尺），可利用重力提供4.8萬噸不須電力的額外冷卻水。

5.新創斷然處置程序，可額外阻止爐心熔毀，更增安全度。

核四廠的安全是可以控制的

核電廠遇到大地震或功率不正常上升事故時，反應爐安全系統會自動將所有中子控制棒插入爐心，立刻停機。但停機後仍會釋放正常運轉功率7%以下的餘熱，餘熱雖然會隨時間迅速遞減（一小時後降至1.5%，一天後降至0.4%），但釋放時間很長。因此，停機後爐心冷卻水仍須不斷循環，以避免核燃料溫度過高。若爐心冷卻水流失或不再循環，則核燃料溫度會持續升高，溫度超過攝氏1,200度，會造成核燃料包管熔裂，使大量放射性核分裂產物釋出。因此，停機後只要爐心冷卻系統所需要的供電不斷，使爐心冷卻水繼續循環，核電廠就是安全的。

所有核電廠在安全系統正常供電中斷後，備用的緊急柴油發電機會立刻啟動供電。若柴油發電機故障或停轉，備用直流蓄電池仍可供電至少8小時，福島事故後已增加到24小時（日本福島電廠原設計供電能力僅30分鐘）。若直流蓄電池電力用完，仍有不須電、用蒸氣推動的緊急冷卻水，可繼續循環約3天。3天之內，只要恢復電廠冷卻水循環系統的電力，或利用後備移動式設施補水至冷卻水儲存池，就可確保核電廠的安全。

若上述措施均失效，致冷卻水循環系統失去功能，仍可採「斷然處置」措施，就是使用在高地儲存生水池的水，由重力差（不需電力）灌入核電廠內；或用福島事故後已擴大備置的緊急電源車和消防車，取淡（溪）水或海水灌入爐心內，即可避免發生爐心熔毀、大量

放射性核分裂產物外釋的嚴重核事故。因此，核四廠的安全是可以控制的。

核四廠的放射性廢棄物是可以處理的

放射性廢棄物中，最強的（大於95%）放射源是燃燒過的用過核燃料，最大量的放射源是核污染廢液。放射性廢棄物分為高、中、低放射性3類，高、中放射性的放射性廢棄物（主要是燃燒過的用過核燃料）量較少，放在核電廠內儲存；低放射性廢棄物（包括核污染的廢樹脂、廢液固化物、殘渣、衣物、零組件等）量較多，須運往核電廠外（如蘭嶼貯存場）儲存。龍潭核能研究所發明的高效率壓水式核污染廢液固化技術，將馬鞍山核三廠由以往每年400-500桶的核污染廢液固化成17桶，是了不起的大成就，日本人也來取經學習應用。

停機後，用過核燃料放射性的強度與餘熱成正比，為正常運轉時的7%，一小時後迅速下降至1.5%，一週後降至0.2%。這些用過核燃料須放在儲存池5年，等餘熱降低後，可轉換成乾式儲存，用流動的空氣冷卻少量的餘熱。用過核燃料在儲存池中和乾式儲存時，在低溫下都不會釋出放射性的氣體污染空氣。

乾式儲存的好處是不會造成地下水污染，而且用過核燃料包管因不與水接觸，比較不會腐蝕，是新技術。同樣，核污染廢液固化後，容器也不易腐蝕，而且也可以乾式儲存，不會造成地下水污染。

低放射性廢棄物在固化量大減後（數量減至低於原來的1/20），又可乾式儲存，不會造成地下水污染，因此選低放射性廢棄物儲存場地也比較容易。

以後，用過核燃料還可送到法國或美國再處理，取出有用的鈽，做成核燃料再燃燒。這種核燃料，有別於原來的鈾核燃料，稱為鈽鈾混合核燃料。目前，法國用過核燃料再處理的技術比美國好，因為法國的核能發電量占該國總發電量的79%，有許多用過核燃料需要再處理。這種再處理的技術，可解決用過核燃料長期儲存的問題。

因放射性廢棄物可以用固化、乾儲與再處理解決，核四廠的放射性廢棄物是可以處理的。

先進的核四應早日商轉

2014年7月24日筆者親訪龍門，得知核四廠1號機的管路沖洗採世界高標準，所有管路內清潔的程度非常高，此外1號機經7個月重拉電線整齊排列，加以王廠長引進要求員工認真、負責、守紀律、重安全、整潔、知恥、激發榮譽心的龍門新文化，所以1號機團隊最後測試非常順利。

筆者以專業知識與經驗，以及對台電建廠和原能會管制能力的瞭解，認為先進的核四廠應早日商轉，因為在核安已有多重深度防禦和斷然處置的保障，放射性廢棄物可以用固化、乾儲與再處理解決的情況下，已達全世界新核電廠一流水準的核四還封存，數千億的投資閒置，還要花封存費，實在太可惜了呀！

（本文作者為美華核能協會會長）

龍門核電廠建廠管制報導

文・編輯室

主要項目	預定完成日期		次要項目	里程碑			至 6 月底	至 7 月底	達成率
				子項預定完成日期	總量 / 目標		目標值 / 實際值	目標值 / 實際值	
封存準備前置作業	1 號機	103.12	編寫與修訂程序書及工作指引	103.12	17	份	17	17	100%
						系統數	17	17	
	2 號機	103.12	建立設備封存清單	103.12	115	系統數	115	115	100%
						系統數	115	115	
完成設備封存準備	1 號機	104.06	乾式封存	104.06	30	系統數	30	30	100%
							30	30	
			濕式封存	104.02	2	系統數	2	2	100%
							2	2	
			設備拆除	104.04	3	設備數	3	3	100%
							3	3	
	2 號機	104.06	乾式封存	104.06	115	系統數	115	115	100%
							115	115	
			設備拆除	104.06	90	設備數	90	90	100%
							90	90	

8月5日原能會函送對龍門電廠FSAR修訂案TPC-F-08-07（電氣管槽間距不符合IEEE 384要求的改善方案評估）審查意見。由於台電公司僅提出「不符間距要求的影響評估結果」，未依前次審查意見進行廠房電氣設備（施）間距的清查，且需於現場改善確有窒礙難行時，才可進行相關影響評估的審查意見。

8月10日原能會函送台電公司關於「核能級安全相關蓄電池之隔板偏移」異常事件書面報告Rev.2審查意見，要求台電公司再洽詢原廠釐清建議的目視檢查細節，以及補充核一、二、三廠檢查指引的檢視結果。

8月12日原能會函送台電公司視察備忘錄編號LM-會核-103-018-2，龍門電廠第56次定期視察「龍門電廠2號機設備維護、廠務管理查證」及「品質文件接收與管制作業查證」，要求台電公司針對施工清點作業的規劃已有改變、品質文件紙本紀錄存置環境、門禁，以及設計及採購相關品質文件等，再補充說明或提送相關文件與儲置地點清單，以及其管制依據文件。

原能會8月18日函送對龍門電廠1號機興建期間檢查結果報告的審查意見。台電公司所提報告清單、內容及提送時程等的規劃方案，僅針對審查意見所舉缺失範例進行改善、特種建物清單項目不全、未將非安全類別列入、各類報告提送原能會審查時程過於集中與同時期僅提送同一類別報告等的問題，請台電公司再檢討修訂及補正。

能源與環境問題

文・宮野 廣 譯・朱鐵吉

近年來能源問題備受重視，啟用核能發電引起很多的爭論。我們不僅要確保能源，也要考慮到各種能源對社會和生活的影響，以及未來會引起的種種問題。要推測數十年的遠程將來，不如先推測數年後的狀況比較容易。

《京都議定書》

《京都議定書》擬定2012年是完成的目標年，日本承諾在2012年削減CO_2排放量減少量為1990年的6%。2010年日本的能源消耗為全世界的4%；CO_2的排放量為12.6億噸，大致相當於1990年的排放量。但是，2011年因為福島事故影響，核電廠全部停止運轉，導致該年CO_2的排放量激增至13.7億噸，沒有減少，反而增加了8.7%的排放量。

由此可見，以火力取代核電，CO_2的排放量自然是不會減少的。日本節約能源的技術在世界上名列前茅，本來預計在2020年達到25%的削減目標，但第一個目標年（2012年）已無法達成，由此可見其受到核能事故的影響甚巨。

今後的環境

近年來世界最大的能源消耗國是中國，能源消耗換算為石油的話，其消耗量約為每年130億噸石油，占世界能源消耗額的19%，美國則占18%。

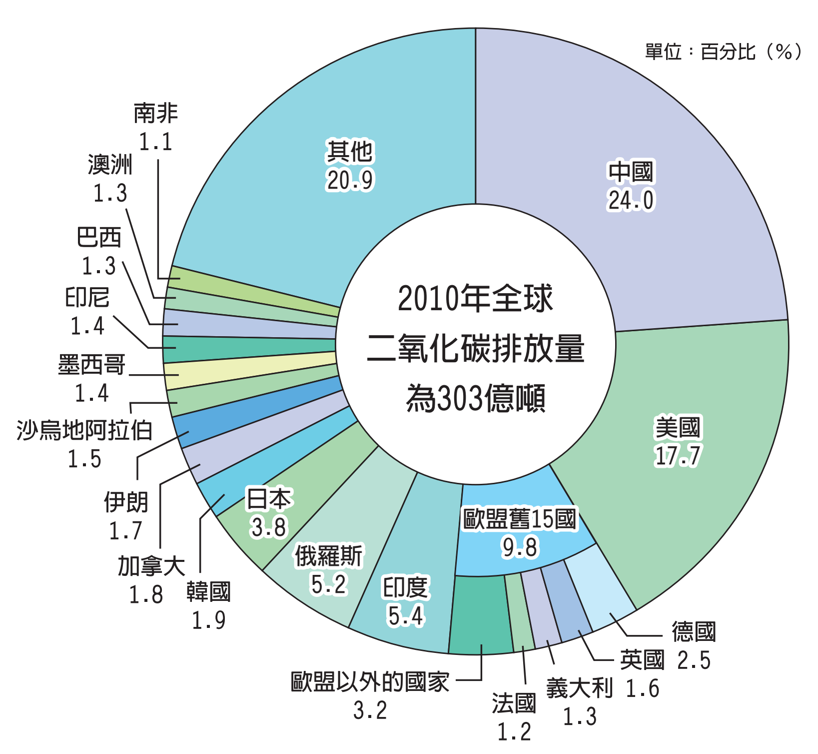
2010年全世界CO_2的排放量約303億噸，其中接近1/4來自中國，18%來自美國，中美兩國的CO_2排放量總和是壓倒性的多數，約達到一半左右。若以能源消耗量來說，世界上人均CO_2排放量為每人4.4噸，以美國來說為17.3噸，日本約9噸，中國5.4噸，俄羅斯11噸。此外，卡達、阿拉伯聯合大公國和沙烏地阿拉伯等國家，人均排放量介於16-37噸，碳排放主要是來自一般民生以及產業界，與國民生產毛額（GDP）有關。

1.能源消耗量與GDP

首先考量的是能源的消費影響著環境，日本每年的人均能源消費量換算石油為4噸，中國接近它的一半，每人約1.5噸，美國每人約8噸，俄羅斯約4.5噸。因此，人均能源消費量因每個國家不同的生活方式、產業構造而有差異。此外，以GDP互相比較的話，日本約是46,000美元，中國約為5,000美元，美國約為48,000美元，俄羅斯約為13,000美元，對照各國的GDP與能源消耗量，可見中國在能源上浪費之處比美國、日本、和俄羅斯高出許多。

2.中東的能源消費

中東最大的課題是水資源，為了取得飲用水和一般生活用水，必須消費以石油



註：歐盟15國與COP3（京都會議）為當時召開會議時的會員國　　資料來源：日本環境省HP

為主的能源來運送水資源。因此，每人每年能源消費量超過10噸，最近開始計畫開發核能來製造淡水。

3.公共手段的加強

何以美國、中國和俄羅斯的能源消費量最多？美國國土廣大，民眾幾乎全部使用私人汽車代步，大型汽車與電車用量較少，長程則大量利用航空飛機。如果避免一人一車的生活型態，充分利用大型運輸工具，能源消費量則能大幅改善。因此，能源消費急遽上升的中國，在廣大的國土間移動，應以大型運輸工具為主，以減少能源消費量。

日本今後的作法

前面已提到，日本CO_2排放量占世界的3.8%，要再改善或削減排放量效果可能不大。但是，因應環境問題，技術能力的提升有迫切的需要，日本節約能源技術目前已屬世界前端，但仍需持續再進步。

日本CO_2的排放，以產業的配比占最多，1990年產業如何削減排放量的基準，工廠部分占46%，削減12%；運輸業占20%，增加7%；家庭12%，增加35%；商業部門16%，增加32%；發電部門6%，增加20%。

產業及運輸業節省能源效果優



良，2000年排放量已減少很多，民生消費能源也在2005年有顯著的減少。但2011年福島核災後，因停止使用核能發電，並增加火力發電，使得2012年的排放量急遽上升。

目前日本積極推動家庭節約能源，至於工廠、產業及運輸業等均制定計畫書，試圖將節約能源定量化，這種節約能源的作法對世界來說有其貢獻。

對世界的呼籲

造成地球暖化的氣體－CO_2，其排放量之削減，很可惜目前為止還沒有約束力。東日本大震災導致無法持續削減CO_2排放，因此日本提出混合開發的要求，自各方面進行節約能源、削減CO_2排放，包括軟硬體結合技術的提升，為非常必要的事。

削減溫室氣體的排放，產業和運輸業方面的能源節省，家電製品的技術必須提升，同時氣體的排放管理必須國際化，就如同核能發電產生放射性物質排放的國際化管理一樣。以上都是國際社會的共同問題，火力電廠或核能電廠都坐落在各國的各個地點，以地球全體的觀點來看，其污染物或溫室氣體的排放都是全球性的。

結語

市場自由化使世界市場之間互相競爭，但是，我們瞭解地球上的環境問題需要全球性的考量，必須隨時確保環境潔淨，環境遭受到汙染後，要恢復原狀需要投入相當龐大的勞力和資源，已有很多的教訓值得我們借鏡學習與改善。

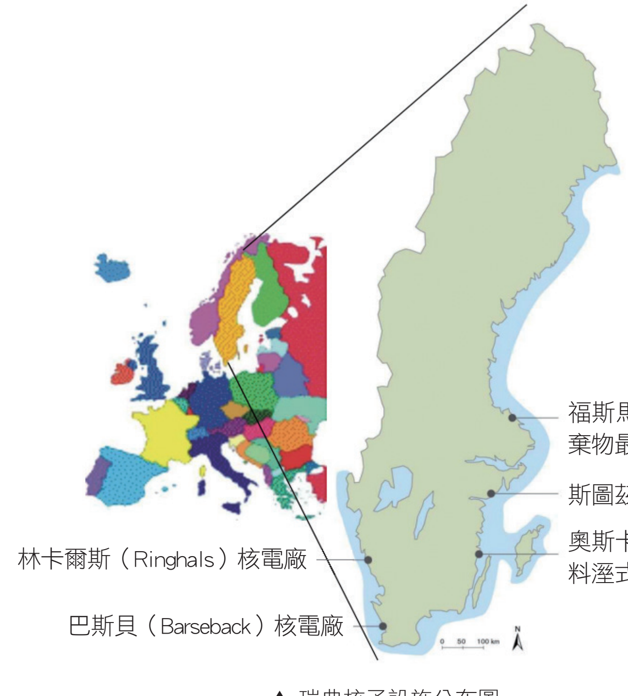
資料來源：
宮野　廣，“読者に伝えたいこと　エネルギーを考える”　Energy Review May 2013: p.56-57.

瑞典用過核燃料最終處置現況

文・編輯室

瑞典自1954年即擁有國家首座研究用反應爐，1972年第一座核電機組奧斯卡桑（Oskarshamn）開始運轉，在這段期間，用過核燃料被認為是另一種資源，因為可以再循環使用，公眾對此也無任何異議。1975年後因政治因素，導致當時的瑞典政府決定在2010年前逐步淘汰核能發電，一直到2010年6月，瑞典國會投票通過才廢除該法條。

目前瑞典共有3座核電廠，在1970年代共有6座反應爐商轉，1985年後另有6座加入商轉，但因為逐步淘汰核電政策，導致巴斯貝（Barseback）電廠的兩座核電機組分別在1999與2005年提前關閉，目前共有10座反應爐商轉中，分別在林卡爾斯（Ringhals）、福斯馬克（Forsmark）與奧斯卡桑核電廠，供應了整個國家超過40%的電力。





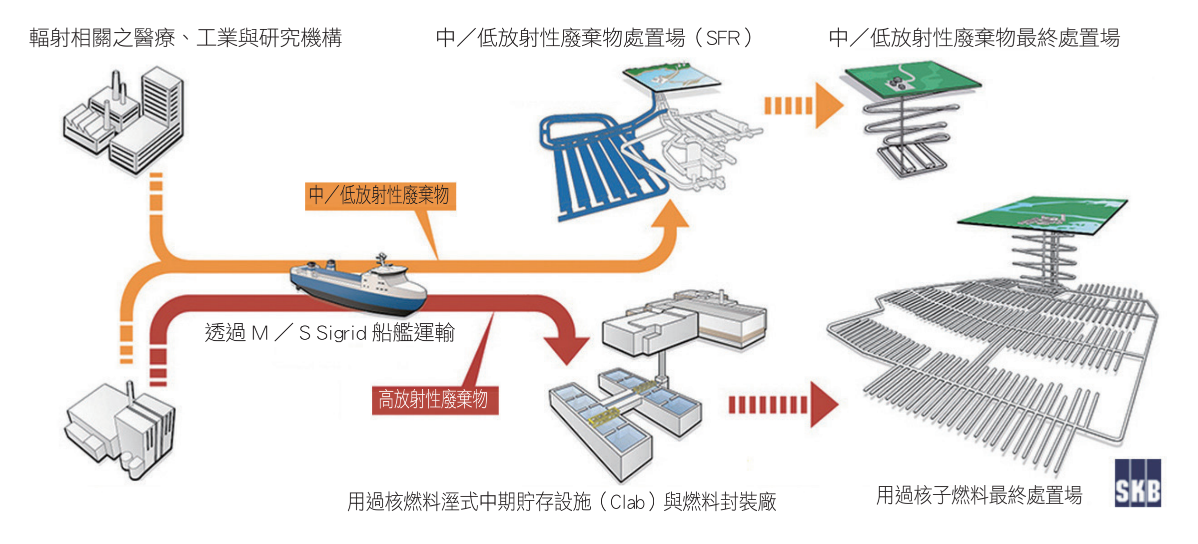
▲ 瑞典核子設施分布圖

在核燃料循環當中，從鈾礦的開採、濃縮、製造燃料棒、反應爐發電、用過核燃料處置，至反應爐除役的整個過程，均會產生放射性廢棄物；因此，對使用核能發電的國家來說，廢棄物的安全管理和處置具有極重要的意義。然而，不是只有核電廠才會產生放射性廢棄物，醫院與研究機構等利用放射性物質做治療與研究等的場所，儘管規模較小仍會產生放射性廢棄物，同樣也需面臨廢棄物處置的問題。

根據瑞典核能相關法規，用過核燃料的生產者必須承擔管理與最終處置的責任，因此，負責運轉核電機組的電力公司，須對用過核燃料的後期處置作業做出詳細的調查與研究，並建立最終處置場，完全安全地管理用過核燃料。瑞典自1970年代即開始進行「用過核燃料最終處置場」的地質調查，鑒於建造處置場的準備工作非常龐大且困難，國際原子能總署（IAEA）對此極為重視，經過將近30年的研究與調查累積，終於在2009年6月初決定將場址設立在福斯馬克。

想當然耳，瑞典在大量使用核能發電的情況下，必須提早考慮用過核燃料與中低放射性廢棄物的去向，幸好瑞典自早期即開始紮實地建立國家核能法規與機構，並由瑞典4個擁有核電廠的電力公司出資，一同成立「瑞典核燃料與廢棄物管理公司（Svensk Karnbranslehantering AB，簡稱SKB）」專門處裡用過核燃料。因為受法令約束，瑞典的電力公司必須負責處理由核電廠所產生的所有用過核燃料，並自行承擔相關費用，多年來的研究與經營，使瑞典與芬蘭齊名，成為目前全球推動最終處置相關工作最為順利的國家。

總部設於瑞典首都斯德哥爾摩的SKB，致力於處理瑞典所有來自核電廠的各種放射性廢棄物，以保護人類與環境免於用過核燃料的危害。現今SKB已建立一套可行的放射性廢棄物處理制度，其中的中低放射性廢棄物處置場（SFR）與用過核燃料濕式中期



▲ SKB 的放射性廢棄物處理系統流程圖，虛線箭頭為還未建成的設施

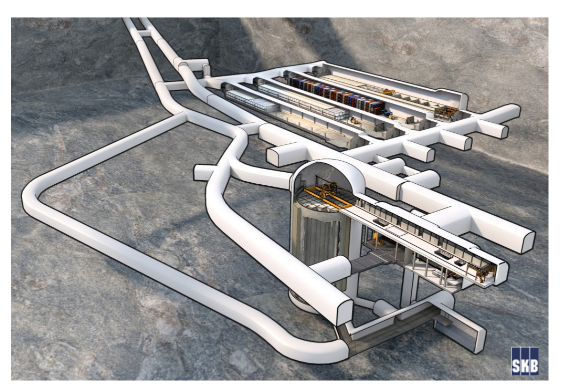
貯存設施（Clab），均於1980年代開始運轉，廢棄物的運輸工作也由SKB專門為運輸放射性廢棄物而設計的大型船艦M/S Sigrid負責。

放射性廢棄物因輻射程度的不同，處置方式也不一樣。來自醫療、工業與研究機構所產生各種受輻射汙染的物品，以及核電廠員工因反應爐的運轉與除役而產生的衣物、器材與零件等，均屬於中、低放射性廢棄物；自反應爐中取出的用過核燃料則屬於高放射性廢棄物。

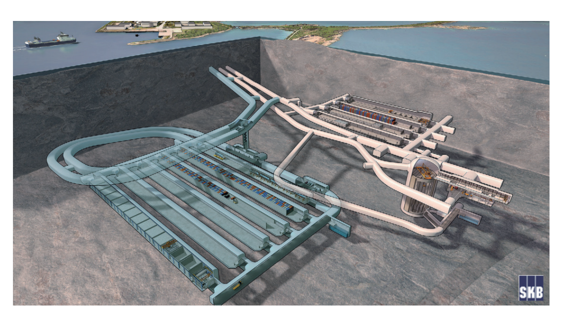
自1988年開始運轉的瑞典中/低放射性廢棄物處置場（SFR），是全球首座中/低放射性廢棄物處置場，場址位於奧塞馬（Osthammar）自治區的佛斯馬克，非常靠近佛斯馬克核電廠，專門處裡來自核電廠所產生，且不需經過冷卻過程的放射性廢棄物；除了核電廠之外，與輻射相關的瑞典醫療、工業與研究機構所產生的放射性廢棄物也放置在此，SFR每年都會收到10-20立方公尺的中/低放射性廢棄物。這類的廢棄物必須跟人類及環境隔離至少500年，大部分的輻射劑量才會消失，而SKB必須定期、反覆的執行安全評估，以確保處置場的安全可以維持1萬年。

SFR位於波羅的海海床下約50公尺處，由4座長160公尺的石窖與一座高50公尺的混凝土貯存窖所組成，每座窖所存放的廢棄物種類均不同，直立式的混凝土貯存窖用來貯存SFR中放射性最高的廢棄物，另外還有兩條平行隧道將處置場與地表連接在一起。

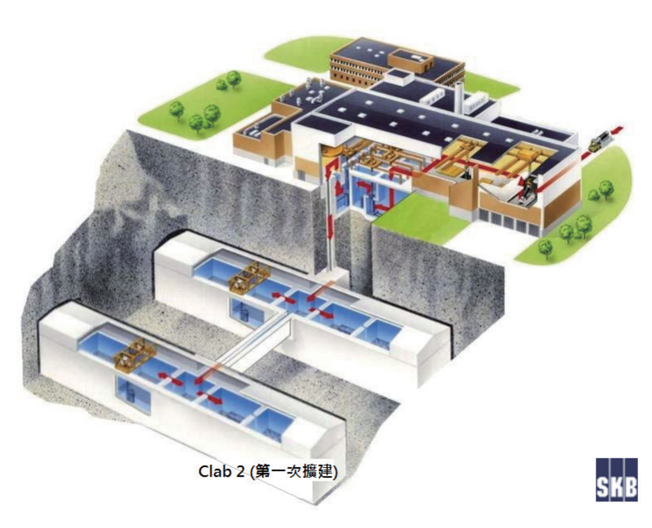
由於瑞典的巴斯貝核電廠已停止運轉且即將面臨除役，屆時SFR將接收所有自巴斯貝核電廠2座反應爐拆除下來的金屬廢棄物與建築建材，也因如此，SKB已在2014年底向瑞典核能管制機構提出擴張SFR的申請，



▲ 瑞典中 / 低放射性廢棄物處置場（SFR）由 4 座石窖與 1 座混凝土貯存窖所組成



▲ 瑞典中 / 低放射性廢棄物處置場（SFR）擴建圖，白色為現有的設施，藍色為預計新建的 6 座石窖



▲ 瑞典用過核燃料濕式中期貯存設施（Clab），紅色箭頭為用過核燃料的運輸路線

將新增5座長275公尺與1座長240公尺的石窖，裝置容量將從現今的6.3萬立方公尺擴增3倍多，至20萬立方公尺。新建石窖與地面連接的隧道將有1.7公里長，並可容納整座反應爐壓力槽通過，預計2017年開始施工，2023年完工開始運轉。

至於從反應爐爐心取出的用過核燃料棒，因為輻射劑量極高被分類為高放射性廢棄物，因含有衰變熱及輻射，必須先將其暫存在用過核燃料池中冷卻，再進行最終處置。目前瑞典因還未完成用過核燃料最終處置場的建設，所有的用過核燃料會先貯存在核電廠內的用過核燃料池，約9個月後即裝入輸護箱，再由M/S Sigrid運至奧斯卡桑核電廠旁邊的「用過核燃料濕式中期貯存設施（Clab）」，將用過核燃料貯存在8公尺高的冷卻池內，等待輻射劑量衰減後再轉移至用過核燃料最終處置場。

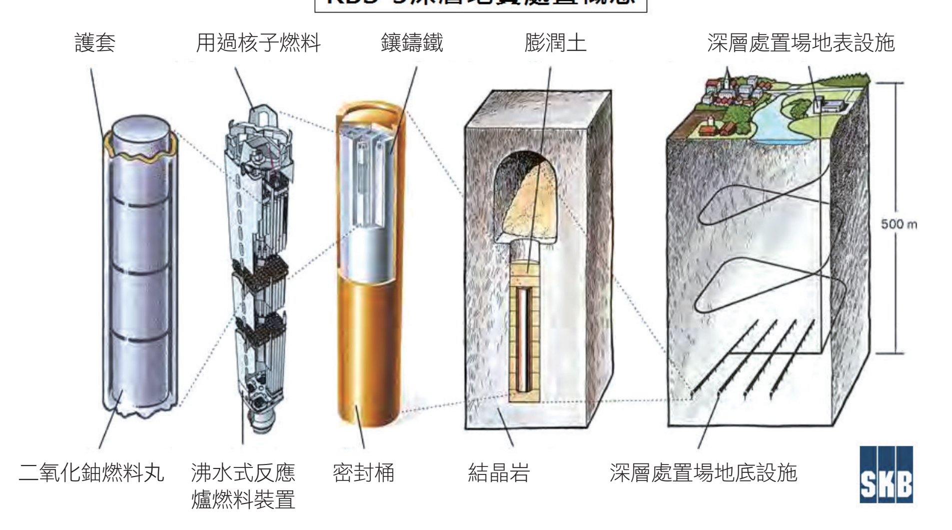
目前有將近6千噸的用過核燃料貯存在Clab，並受到不斷的監控與檢查。Clab在2000年時已擴建過一次，目前可容納8千噸



▲ 瑞典用過核燃料濕式中期貯存設施（clab）內的貯存池（來源：SKB）

的用過核燃料，但SKB在今年初提出第二次擴展申請，因為SKB認為Clab在用過核燃料最終處置場開始商轉前可能就會貯滿，希望能將貯存容量提升至11萬噸。

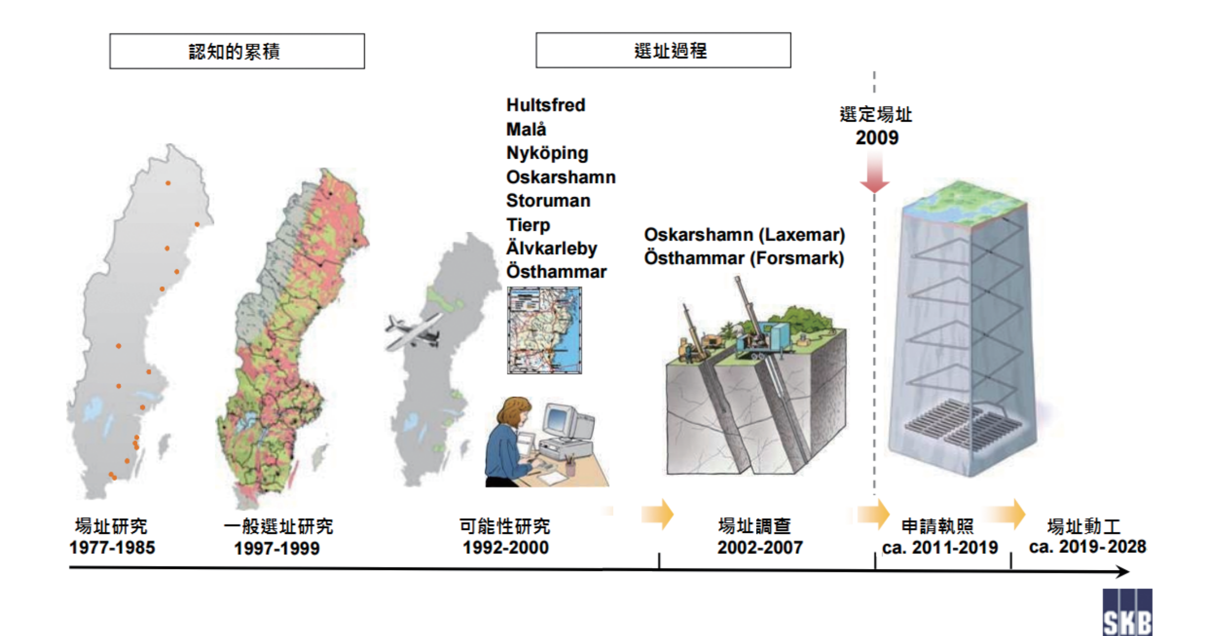
雖然Clab是座安全的中期貯存設施，但卻沒辦法提供用過核燃料長期的解決方式，用過核燃料必須與人類生活圈隔離一段非常久的時間，以確保民眾安全及環境品質；即使在無人監管的情況下，最終處置場也要處於非常安全的狀態，因此必須要選擇適當地



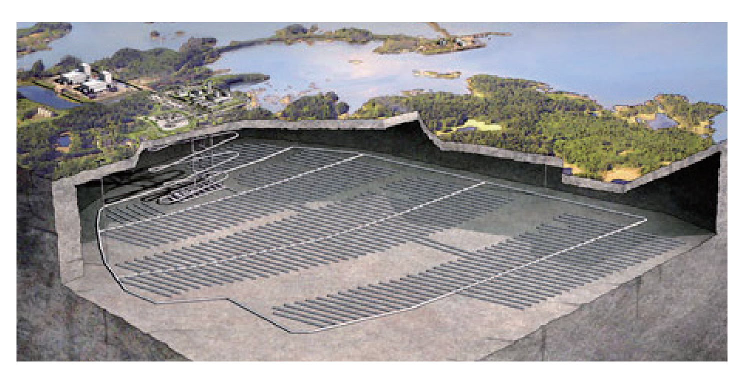
質的地點，再配合用過核燃料密封桶（如銅製密封桶）、緩衝（如膨潤土）與回填材料（如花崗岩骨材加上水泥）等工程設施，與包含處置母岩（如花崗岩）及地質障壁所組成的多重保護，將高放射性廢棄物永久安置，有效阻隔放射性物質在劑量衰減至可忽略程度之前外釋。

也因選址過程將涉及各種岩石、化學、地質與水文研究，SKB自1970年代即開始尋找能長時間貯存與管理用過核燃料的方式，並進行各種研發與調查。由SKB執行的高放射性廢棄物最終處置基礎研究1與3（KBS-1、KBS-3）結果顯示，用過核燃料可用研究中描述的方法，安全地執行「深層地質處置」，SKB隨即開始冗長的選址過程，預計完工後將可容納瑞典所有反應爐卸下的用過核燃料，將其隔絕至少20萬年以上，到時輻射劑量將衰減至原始天然鈾等級，KBS-3之後也被芬蘭放射性廢棄物專責公司Posiva Oy公司採納。

經各種研究調查後所選出的候選場址共有8個，深入調查後剩下2個，剛好都位於核電廠旁邊，最終場址選定在佛斯馬克工業區內，位於佛斯馬克核電廠旁的蘇德維肯（Soderviken），SKB將在此塊地質年齡高達19億年的岩石下方，建造可存放1.2萬噸的用過核燃料最終處置場。首先將從地表占地約15公頃的場址下方，開挖一座長5公里的坡道，延伸至地下500公尺深的地方建造最終處置場的隧道系統，在處置場完整運轉（預計60年）後預計將有超過6千桶、1.2萬噸的用過核燃料，存放在此長度約60公里的隧道裡，當所有的用過核燃料均妥善放置後，處置場將會被完整密封。因其建設工作所涉及的採礦技術將包含開挖230萬立方公尺岩石的技術，在世界核能安全方面實為不平凡之壯舉。而處置場內包裝用過核燃料密封桶的擺放，將由特製、可精確遠端遙控的



▲ 超過 30 年的用過核燃料最終處置場選址過程



▲ 瑞典用過核燃料最終處置場示意圖（來源：SKB）

儀器來負責。

SKB希望能夠在2020年代初期即開始建設工作，如此預計開工10年後此座最終處置場即可開始運轉，但由於瑞典核子相關法規較多且相當嚴謹，申請計畫目前仍在審核過程中，場址動工時間也由先前預計的2015年延至2019年，預計2028年完工，2030年開始商轉。在完成第一年建設時，將會有約100位工作人員在此就業，數字將會隨著建設的擴大而上升，至最密集階段將會有300-400位員工。當處置場正式開始運轉時需要約250位工作人員，一半位於地表一半位於地下。

在選址的過程中，SKB不斷的與當地民眾溝通與協調，除了請地質調查員工先搬入候選場址居住，並定期邀請居民舉辦家庭聚會來進行說明，還會開放諮詢，核能知識較不足者為優先族群，至今已超過10年的時間。此外，SKB將放射性廢棄物營運相關產業設立在公民投票區內，配合用人與採購當地化的策略，創造當地民眾長期就業機會，推動當地經濟發展。最重要的是，所有的放射性廢棄物設施與實驗室，均公開供民眾參觀，甚至是運輸放射性廢棄物的船艦M/S Sigrid也不例外，民眾也可在SKB的網站上看到最終處置場的申請資料與其他相關資訊。另外，地方政府亦擁有否決申請的權利，一旦處置計畫申請遭地方政府否決後就不會上呈至政府。上述均是最終2個候選場址擁有當地超過75%民意支持的原因，整個瑞典也有超過4成的民意支持（SKB 2009年民調）。瑞典身為全球建設最終處置場的先驅，與當地民眾的溝通是如此成熟完善，且確實做到資訊公開透明，實在值得各國學習。

註：所有圖片均截自SKB網站與報告，由本刊翻譯。

資料來源：

1.SKB, "The Swedish System," http://www.skb.com/our-operations/the-swedish-system/

2.SKB, "The Spent Fuel Repository," http://www.skb.com/future-projects/the-spent-fuel-repository/

3.NUCNET, "Sweden to Begin Spent Fuel Repository Construction in 2019," http://www.nucnet.org/all-the-news/2015/08/28/sweden-to-begin-spent-fuel-repository-construction-in-2019

4.SKB, "Siting and Public Communication in the Swedish Deep Disposal Programme."

5.SKB, "SFR - Final Repository for Short-lived Radioactive Waste."

6.SKB, "Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company."

7.台灣電力公司,「赴瑞典、芬蘭考察放射性廢棄物營運設施」報告, p. 4-6

8.台電核能月刊384期, p. 16-19.

9.國際原子能機構通報1986年春季刊, p. 41-44.

2015 年台日核安研討會 隨行記實

文‧編輯室

在台灣與日本核能界交流邁入第30年之際，雙方於2015年7月26-31日在日本東京舉辦「台日核能專家研討會」，為轉變交流形式與內涵先行暖身。根據日本原子力產業協會（JAIF）的規劃，2017年起擬更名為「台日核能專家技術交流會議」每兩年舉辦一次，輪流在台灣與日本召開；為台日核能交流開啟新的一頁。

本次研討會台灣代表團由原子能委員會、核能研究所、台電公司、清華大學、中華民國核能學會、核能資訊中心、台灣核能級產業發展協會、中興工程顧問公司等單位共23人組成。行程除了研討會之外，另安排參觀日本電力中央研究所、高濱核電廠，並參加關西原子力懇談會。台灣核能級產業發展協會理事長羅守緯代表我國產業界參訪三菱重工與東芝，尋求彼此間合作的商機，行程豐富且緊湊。

此行最特別的是，原子能委員會主任委員蔡春鴻率領12位代表，與日本原子力規制委員會（NRA）進行「第1屆台日核能管制資訊交流會議」，這是2014年11月20日雙方簽署核能管制資訊交流備忘錄後第一次正式官方交流，極具意義。

2015台日核能專家會議

日本原子產業協會理事長高橋明男致詞時表示，福島核電廠附近地區居民仍有11萬多人過著避難的生活，不過福島二廠附近的楢葉町地區已經解除避難指令，居民獲准返鄉，實在令人感到欣慰。東京電力公司獲得世界各地的協助，將繼續致力於解決各種難題，紮實地進行福島一廠除役工作。

日本政府於6月提出的能源政策中，2030年時的電力結構核能將占20-22%；根據原子力規制委員會擬定的新安全基準，核電廠運轉壽命為60年，預計將有5座機組將屆齡除役、43座機組停機中、24座已提出重新啟動的申請。目前九州電力公司的川內電廠1、2號機已通過重啟審查，並完成裝填燃料，將於8月中旬正式重啟（目前已於9月初開始商轉）。而關西電力公司的高濱電廠3、4號機、四國電力公司的伊方電廠3號機則進入最後審查階段。

日本與台灣相同，同屬能源匱乏的天然環境，每種資源都不可或缺。基於能源安全、經濟發展、全球暖化等考量因素，核能具有其重要的功能。

中華民國核能學會理事長潘欽提及，近

年來因化石燃料的大量使用，已使大氣中的二氧化碳濃度超過400ppm，導致溫室效應影響全球的氣候變遷越趨嚴重。核能發電時不會排放二氧化碳，是阻止氣候變遷重要的能源選項，而核能安全則是核能進一步擴大使用最為關鍵的議題。

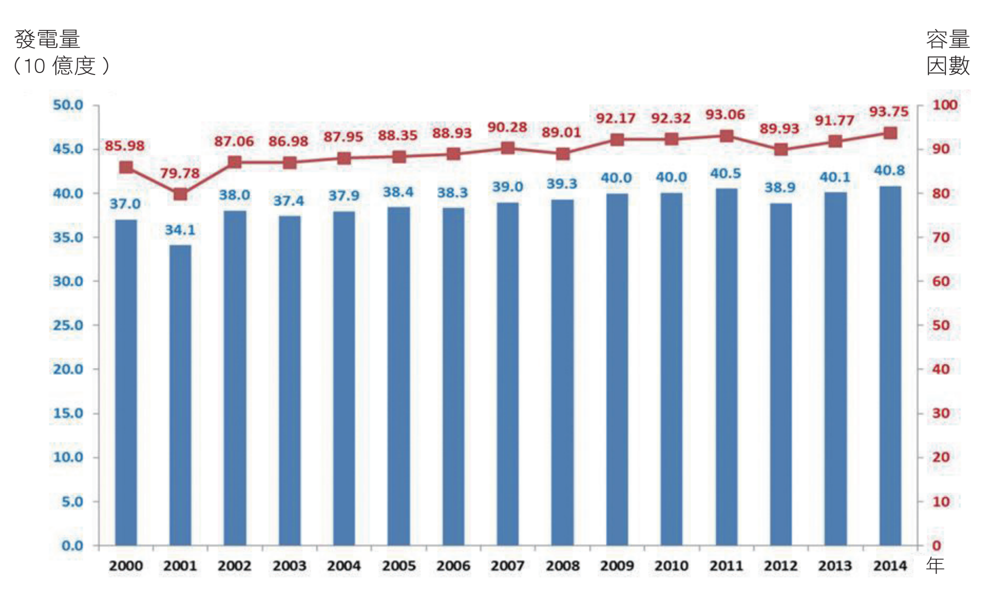
台灣運轉中的3座核電廠安全與運轉績效優良，電廠異常事件與跳機次數近20年來呈指數遞減，電廠容量因素在國際原子能總署（IAEA）的排名中名列全球前茅。

此外，我們經由福島核災的教訓，針對核電廠嚴重事故的防禦與應變均有具體的行動方案，且大部分都已完成。台電公司提出核電廠斷然處置指引，可確保不會有大量的放射性物質排放到廠外，以進一步提昇核電廠安全。斷然處置措施已經由奇異BWR Owners'Group（BWROG）專家的審查並獲得肯定。

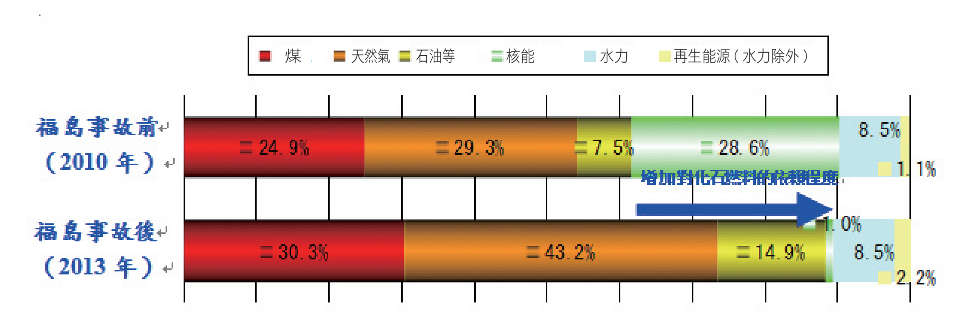
在日本核能界的努力之下，川內核電廠1號機預計在8月恢復運轉（目前已於9月初商轉）；2號機則預定於10月恢復運轉；其餘核電廠也極可能於日後確保核能安全情況下，陸續恢復運轉。這對台灣現有核電廠的持續運轉、龍門廠1號機的啟封運轉，以及2號機的繼續施工，將有正面鼓舞的作用。

原子能委員會主任委員蔡春鴻則強調，日本川內核電廠1號機正式再啟動，其他核電廠也將陸續恢復運轉，這對歷經福島核災事故的日本，將有很大振興與復原效用，也對全球核能界會產生啟發效果。

近年來台灣核能界也面臨許多考驗，龍門核電廠封存，核一廠除役和延役計畫同步進行審查，還有用過核燃料乾式貯存計畫、再處理計畫及放射性廢棄物處置等，都出現些許爭議，多少影響台灣的核能發展進度。然而就全球及能源永續發展的觀點，核能仍然為重要的能源選項，是不爭的事實，許多國家對核能仍抱持信心，持續的推動，這也



▲ 我國核電機組每年發電量與容量因數的運轉績效，在全球均名列前茅



▲ 日本能源組合—福島事故發生前後的改變

激勵著台灣核能工作的夥伴，勇於面對問題解決困難。

台灣核能的現況、挑戰與機會（中華民國核能學會理事長潘欽）

台灣核電廠最大的挑戰在於大多數民眾的接受度，因此，進一步提昇核安並有效處理放射性廢棄物是說服民眾最好的方法。台灣核電的挑戰包括：

• 加強核能安全，走出福島第一核電廠事故的陰影。

• 儘快確定低放射性廢棄物處置場，並證明是安全的。

• 適當的處理用過核燃料，確實推行永久處置場的規劃。

• 管制部門與台電公司持續保持資訊透明。

• 持續培育核子科學與工程的人才，確保核能人力不會有斷層，核電在台灣才有機會發展。

• 根據台電的分析，如果沒有核能，排放二氧化碳最多的電力部門將無法達到國際減碳承諾的目標。

台灣核電的安全與運轉績效佳，如能持續維持，應可逐漸獲得民眾的認同；下一代核能技術的發展，將使貯存在台灣的用過核燃料成為寶貴的自產能源。

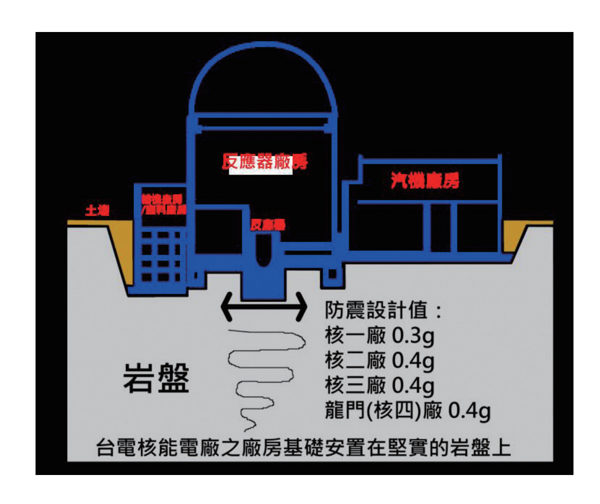
日本核能發電現況（電氣事業連合會原子力部部長齋藤慎二）

因應福島事故的教訓，日本核能產業加強超出預測基準之外的災害應變，彌補以往對安全意識的不足；加強5層安全防護措施、持續強化安全管制、積極參與世界核能發電協會（WANO）、核能發電研究所（INPO）等國際組織，以獲得更多安全防護方面的資訊。

深度防護—福島事故前安全防護只有3層，事故後，針對爐心損傷的情形再增加2層防護；包括軟硬體、培訓、手冊、配備、人才培養等。

向世界學習部分，在WANO的CEO會議中交換意見、同業審查；出席INPO英國理事會、CNO責任人意見交換會；出席美國電力研究所（EPRI）理事會；與海外製造商交換實務方面的意見。

進一步提昇安全性，2014年10月成立核能風險研究中心（NRRC），利用定量風險評估（PRA），單位提案建議，提供更多與風險有關的資訊供民眾瞭解。



台電核能電廠之廠房基礎安置在堅實的岩盤上

日本43座核能機組全部運轉發電的發電量，以70%容量因數估算，60年的運轉期限，至2030年時，發電占比力約介於20-22%，核電機組應商轉至少60年，所以應延役。

電力市場自由化開放，2016年4月電力零售全面開放，輸電、售電部門應分離；引發的紛爭對電力公司造成影響，電力系統改革，彼此間競爭日益激烈。未來在激烈競爭的環境下挑戰核能界領導者決策的能力，必須更加努力。

台灣核電廠附近之斷層調查與耐震改善措施（台電公司核能發電處副處長張武侯）

在耐震設計基準方面，由於我國核電廠選擇廠址及建廠期間並沒有發現有任何活動斷層，所以建廠的耐震設計基準為：核一廠0.3g、核二廠0.4g、核三廠0.4g、核四廠0.4g。這個耐震設計基準是定在反應爐廠房基盤的位置，這一點和日本將耐震設計基準定在剪力波為每秒700米的岩盤不一樣。

在核一廠運轉將近30年後，中央地質調查所於2007年7月發布金山地區的山腳斷層為第二類活動斷層，緊接著在2009年12月發布恆春谷地的恆春斷層為第二類活動斷層。所謂第一類及第二類活動斷層的定義是：過去1萬年內曾活動者，為第一類活動斷層；在過去10萬年 — 1萬年內曾活動者，為第二類活動斷層。台電公司隨即進行調查，第一階段在2010年11月至2012年8月執行，第二階段在2013年6月至2014年10月執行，分成兩個階段的原因為：原先認為第一階段的調查就已足夠，但調查結果認為有進一步調查的必要，所以又進行第二階段的調查。

綜合來說，山腳斷層在陸域的部分長41公里，海域部分總長約40公里，長度總共81公里。

恆春斷層總長度41公里，最近一次活動的時間約發生在1萬年前，而南灣地區最近一次活動的時間應大於1萬年前。

依據調查結果，3個電廠都採用定值法加上一個標準差的做法，算出岩盤露頭的地表加速度分別為：核一廠0.51g、核二廠0.67g、核三廠0.72g，逐一評估3座核電廠兩個安全注水系統的耐震能力，不足的部分都已補強完成。

台灣核電廠控制室適居性議題（核能研究所副研究員詹益光）

三哩島事故引起美國核能管制委員會更重視控制室適居性的議題，隨後與電力業界一起努力，建立控制室包封(CRE)內漏率試驗的規範。台灣運轉中的3座核電廠則於2014年開始進行建立控制室適居性方案相關工作。

核一廠、核三廠每部機組有獨立的控制室，核二廠則是兩部機組共用一個控制室。在控制室包封緊急通風系統運轉模式部分，

在輻射事故初期控制室包封緊急通風系統採用隔離/再循環運轉模式，後期可視需要採用加壓運轉模式，而核二廠與核三廠的控制室包封緊急通風系統都採用加壓運轉模式。

3座核電廠機組從2014年9月開始執行建立控制室適居性方案計畫，將依據機組大修的先後順序，從核一廠2號機開始，依序執行控制室包封邊界完整性驗證及建立控制室適居性方案，5個控制室包封的適居性評估報告將提報管制單位審查。預期在2017年底前完成計畫所有工作項目。

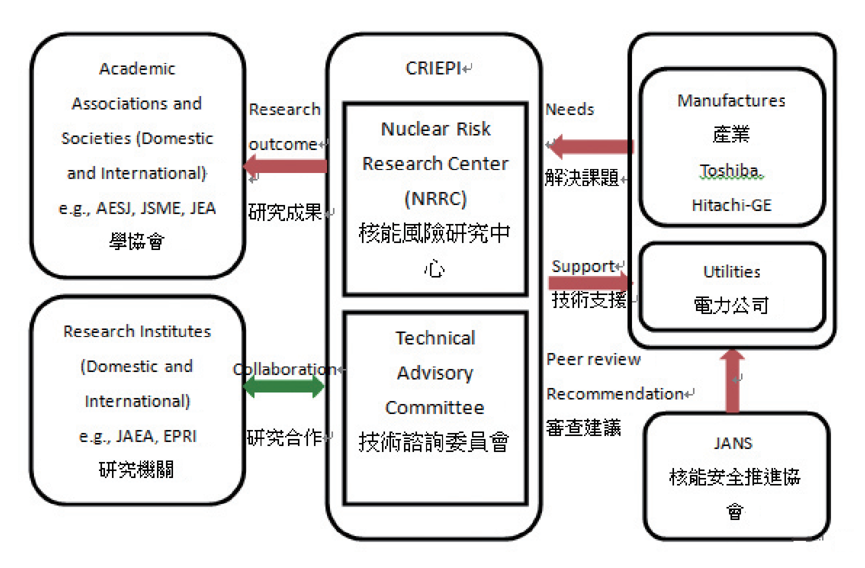
在機組正常運轉、輻射與有害化學物質外釋或煙霧事件下，應維持控制室適居性。核一、核二及核三廠已初步訂定輻射設計基準事故及有害化學物質外釋事件下的允許內漏限值。預期在2017年底前完成3座核電廠控制室包封邊界完整性驗證及建立控制室適居性方案。

業者自主提昇核能安全的作為（東京大學教授山口彰）

日本Work Group（WG）設置宗旨：原子力規制委員會進行審查時，著重於各核電廠業者如何主動提昇安全，因此成立WG：a.以科學來提昇核能安全，b.打破以往「核能安全的神話」，自主持續提昇安全達到世界水準。未來投注更多精力於風險評估，進行更多風險管理措施，參考運用國內外安全理論、進步的作法。期望能超越NRA的新管制基準，制訂安全目標，定量安全評估。



▲ 核三廠控制室



▲ 日本電力公司自主提昇核能安全的新框架

風險溝通：除安全對策外，應向社會大眾溝通核能會有何風險，業者應負起責任，彼此之間不可妥協。建立自主提昇安全的機制，例如INPO的作法，認真執行安全工作。

具體建議：業者提出具體承諾、記取福島教訓、形成提昇安全措施的態度、帶有批判性的思考以取得安全文化、與外部利益相關者合作、堅固人才基礎、推動安全活動。

業者要有堅強的意志進行安全提昇工作，確實建立相關框架，擬訂今後將進行工作的路線圖（Road Map），風險治理（Risk Governance）形成循環—先期評估→風險評估→風險釋疑（界定、制約）→風險管理→先期評估。

2014年日本政府發布能源基本計畫，成立輕水式反應爐安全技術與人才工作組，設立宗旨：每年報告相關問題、形成路線圖、詳細訂定應做工作；產業界成立自主性安全標準是否仍有改進之處、研發下一代技術-快滋生中子反應爐。

核能安全相關組織框架：日本核安推進協會（JANSI）提出同行評估意見，日本電力中央研究所（CRIEPI）下設原子力研究中心，風險評估後發現有的高出國際水準，有些則落後，因此成立技術諮詢委員會，以達到最高技術水準，而相關學協會則與國外機構合作（如上圖）。

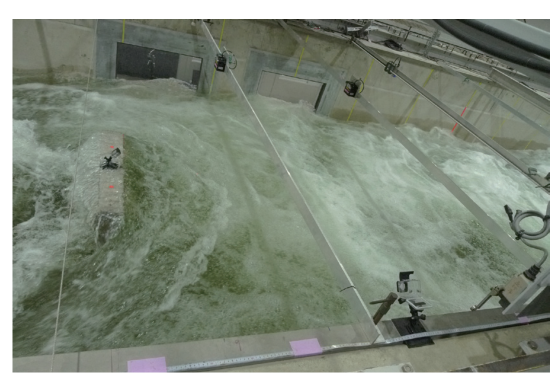
NRRC的任務是善用機率評估安全風險；願景是成為PRA的國際研究據點，獲得利益關係人的信任。未來發展的願景，基調是加強與民眾溝通，這也需要與政府的能源規劃相吻合。

參訪電力中央研究所

日本電力中央研究所（CRIEPI）成立於1951年，是非營利事業組織，主要致力於能源及環境相關研究及問題解決的研究單位。該組織下有9個研究所，分別位於大手町、江地區、我孫子地區、橫須賀地區，針對核能發電、火力發電、水力發電、再生能源、電力系統、環境化學、顧客服務及事業經營策略等8個方面進行研究規劃。目前電



▲ 日本電力中央研究所的大型造波水路設施



▲ 日本電力中央研究所的海嘯氾濫流水路實驗情形

力中央研究所約有800名員工，其中600名研究人員，且60%具有博士學位。

7月28日台灣代表團前往我孫子地區的地球工學研究所參訪，所方安排大型造波水路、共振振動台、混合動態力學測試系統，以及海嘯氾濫流水路模擬實驗的解說。

大型造波水路設施全長205公尺、寬3.4公尺、深6公尺，是目前最大造波水路，其造波週期為3-20秒，最大波峰可達2.0公尺，可模擬實際海嘯波浪1%-2%的模型，本設備可用來模擬估算過去當地曾發生的古海嘯高度。

共振振動台裝置主要利用加振器連結大型振動台及共振振動台，可模擬最大20g的振動實驗（以往僅能達10g），其裝置可載重10噸，並產生共振頻率為10Hz。此系統除可評估核電廠各類電力設施耐震性，也可擴大到道路、橋樑、隧道等耐震評估，提升結構物抗震和防災結構。

最後是模擬海嘯氾濫流水路實驗，是模擬東日本地震時產生海嘯的情形，福島一廠遭受約5-6公尺的海嘯侵襲，此裝置以1/3的比例尺再現當時狀況。此設施也可用於海嘯來襲波浪衝擊漂流物的受力試驗、海嘯破壞防波堤的安全性評估試驗，以及水密門或穿越孔等水密性檢證試驗等。

參訪高濱核電廠

高濱核電廠屬於日本關西電力公司，位於福井縣西端內浦半島，與大飯及美濱核電廠構成該公司的核能部門；關西電力公司員工約2萬人，其中核能部門1,800人，40%來自福井縣。高濱核電廠共有4部機組，均為壓水式（PWR）機組，提供關西電力公司約20%的電力，其中1、2號機已於今年7月申請延役；而3、4號機則依新修訂的法令規定申請再啟動，目前正在進行各項改善工程，廠方樂觀地表示，今年秋天應可重新發電。

本次參訪重點是高濱電廠依原子力規劃委員會的新基準進行的改善措施：

1.耐震設計進行評估：設計基準地震由0.56g提升到0.71g以上。



▲ 右方為日本高濱核電廠 1、2 號機組，左前方圓頂部分為 3、4 號機組，遠方是內浦灣

2.防止海嘯造成災害，經重新評估海嘯高度於進水口為6.2公尺、出水口為6.7公尺；增加防坡堤高度進水口加高8.5公尺、出水口加高8.0公尺。

3.防範火災：①阻隔森林火災的影響，建立防火帶，於電廠周邊建立18公尺寬的防火帶（無樹木），長度共約23公里；②廠內建置防火牆；③加裝6只100立方公尺水槽；④加裝火警警報器、灑水器等。

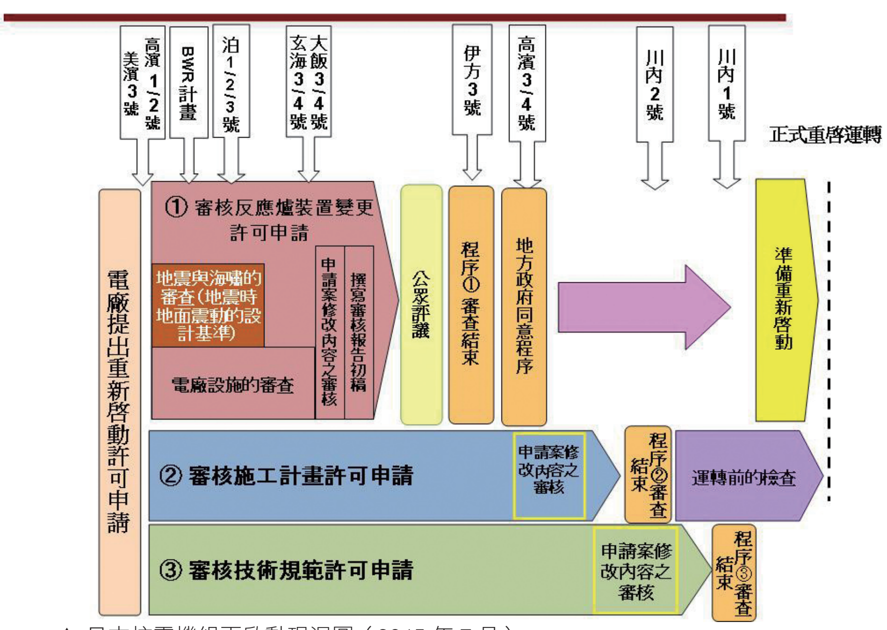
4.防範每秒100公尺飛射物破壞，對海水幫浦及室外重要組件加裝金屬防護網或防護罩。

5.加強電源供應，每部機組有2組直流電源，從1200Ah提升到2400Ah，2組緊急柴油發電機，另增加2部氣冷式緊急發電機、2部移動式發電機，再加1部備用移動式發電機。

6.對於餘熱的冷卻系統，有海水幫浦、消防車、強力噴水槍等。

7.防止氫爆，於每部機設有5組被動式自動催化氫氣再結合器及13個點火器，以利於氫濃度尚低時就可點火消除。

8.精進緊急應變能力，規劃於發生無預警意外事故時，即有70人進駐於電廠，以利初期應變，另外可於6小時內再增加48位廠內員工，24小時內增加契約廠家約150人及製造商合計約700人的支援人力；另外也強化通訊及指揮系統，並加強人員訓練及緊急應變措施。



▲ 日本核電機組再啟動現況圖（2015 年 7 月）

到核三廠台電南部展示館 打工換宿！

文・傅喻

關於打工換宿活動

台電核能溝通小組與隸屬於核三廠的台電南部展示館合辦了一個打工換宿活動，這是第一次辦這類型的活動，共分成3梯，每梯3-5人，加入打工換宿活動的條件是：有參加過台電每年舉辦的「核能知識研習營」的學員，經過之前研習營的磨練，我們對於核能與台灣能源有著正確基礎的概念。

第一次聽到這個活動，是台電袁梅玲研究員問我什麼時候比較有空，進而得到這個活動的大略訊息，那時候對在南展館打工換宿具體要做些什麼一點概念也沒有，但我想這就是這個活動有意思的地



▲ 圖為台電「核能知識研習營」2014 年暑假 8 月梯次，就是筆者所在的梯次













▲ 圖為台電南部展示館外景致，左中圖是夜間頂樓拍攝的夜景，右下圖是晶心花園步道

方。雖然我們不知道應該要做什麼，也不是什麼東西都有一套規範或流程，而且我們又剛好是這活動的第1屆第1梯，沒有任何的前人可考。正因為如此，我們擁有很大的發揮空間。而且說起來那時候剛到南展館時，梅玲姊與館長和南展館的同仁們都把我們吹噓得太厲害了，因此不多做點什麼好像有點愧對於這過高的評價，於是我們第1梯就帶著滿滿的壓力上陣。

我們台電南部展示館

台電南部展示館位於恆春鎮大光里大光路79號之64，後壁湖漁港旁，因為地理位置有些偏僻，許多來墾丁、恆春的遊客可能較不容易注意到。曾聽張課長說，其實本來有許多更接近大馬路或更熱鬧的景點附近可以建設，這對於推廣核能能源知識應該是更有利的，但之前有長官覺得像南灣那附近早已因為有沙灘海景而有大量遊客，獲得不錯的發展；相較起來，大光這附近卻相對冷清，於是便決定平衡電廠兩邊的發展，將南展館建置在大光里，希望可以帶動大光地方發展。

南展館外面有一個小區塊像是小公園遊樂場的區域，許多附近的居民都常帶孩子來那兒玩耍。沿著展館外圈走，還有種植許多恆春特有的植物，像是棋盤腳。我們在南展館的這段時間運氣很好，正好是棋盤腳開花結果的時期，整棵樹如天女散花般的白花特別美麗。後面還有一區命名為晶心花園的步道，雖然樹林並不茂盛，卻可以沿著步道看到我們的太陽能發電系統、高聚光太陽能示範系統，遠眺還能看到核三廠的3座風力發電機組及核電廠圍



▲ 核三廠太陽光電發電系統







▲ 左下圖為 3D 立體劇場入口，右下圖為地震體驗屋運作示意圖

阻體（從南展館大門入口正面，其實就是正對核三廠1、2號機圍阻體）。

內部展示內容總共分成3區：1樓的A區「歡迎來到電力館」、B區「我們的生活與電力」與2樓的C區「認識核能發電」。A區主要有4個大水族箱展示墾丁海洋生態魚類及水生生物、核三廠進水口珊瑚即時生態觀測實況及珊瑚產卵影片，還有恆春電力發展的歷史及恆春當地動植物特色介紹；B區主要是介紹台灣電力結構及各式發電方式，有許多互動小遊戲與模型，後面還有一區專門介紹省電節電方式以及低放射性廢棄物與最終處置場等等；C區有詳盡的對於核能發電原理及結構的解說，有許多等比例大小模型，還有介紹輻射小知識與地震小故事等等。

除此之外，最受一般民眾歡迎的還是台電南部展示館的免費３Ｄ立體劇場，





▲ 圖為咖啡屋與來台電南部展示館參訪的朋友們歡樂吃冰的照片

每個月會更新影片，影片總長度約為20分鐘，前5分鐘是解說台灣核電廠因應福島所做的變革、改善。右後方展館的地震體驗屋人氣也居高不下，有時候排隊人潮還會蔓延到低放射性廢棄物介紹區，主要是講解地震發生時的注意事項，然後有1、3、5級的地震體驗，相當適合親子一同乘坐，既好玩又能兼顧到地震小常識的教育。另外，地震體驗屋樓上就是販售「海水淡化咖啡」及「核三廠海水淡化冰棒」的地方－咖啡屋！使用核三廠海水淡化水沖泡的咖啡喝起來特別清甜、香味濃郁，核三廠的海水淡化冰棒便宜料多又實在，質感綿密、令人回味無窮。

打工換宿志工都做些什麼？

一開始，就是熟悉館內的各種工作，比方說櫃檯服務或是導覽解說，對待不同態度與想法的遊客該有怎麼樣的應對，這部分在南展館學到很多。比起平時我們在網路上與人打筆戰不同，這裡我們所扮演的角色是無論對方立場想法如何，都希望能溫和的溝通，給予對方正確的資訊，以良好的服務態度，使對方願意傾聽；雖然不一定要為此改變他的立場與想法，但是願意聽聽我們的說法。我很喜歡導覽員婉玟姊說的一句話：「我們是將我們所見的資訊傳達給您，但是價值判斷與抉擇的部分在於您個人。」我想正是這樣開放而不強迫的態度，才能使許多看法不同的遊客能夠更輕易的接受，甚至會跟親朋好友介紹這個學習知識的好地方。

在服務精神與專業導覽上，導覽姊姊們與館長、課長們都教會我們很多，比方說館長時常提到的4個S「stand ，spirit ，smile ， speed」與理察．卡爾森的「見面黃金15秒」。導覽姊姊們每個也都有不同的導覽風格，每次都可以藉由跟著她們的導覽學到很多新的資訊，比方說特別擅長海洋珊瑚生態解說的俐婷姊、特別會提到再生能源及其他能源發展的芳柔姊、會特別解釋輻射知識與低放射性廢棄物疑慮的



▲ 館長、導覽姊姊俐婷和我在櫃檯合影







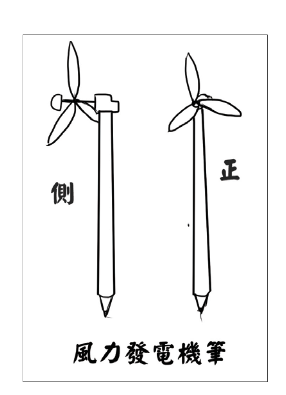


婉玟姊與育芝姊等。

個人非常佩服導覽班長婉玟姊的溝通能力與知識量，對於來找麻煩的遊客，她還是能應對自如，將許多複雜難解的資訊用很簡潔明瞭的方式講述出來，而且態度堅定委婉，既不會使對方生氣，又能達到傳遞相關資訊的目的。每每聽婉玟姊導覽偏反核理念的團體，都能輕易的將他們的疑惑一一解開，讓筆者佩服得五體投地。導覽姊姊們還印了許多新的能源資料，在空閒之餘閱讀，她們的學習精神很令人敬佩。在幫忙拍攝台電南部展示館的相片或導覽活動時，就有很多的機會可以跟導覽，無論跟幾次，總會獲得許多新收穫。對我來說，在南展館工作，學會如何溫和溝通與將專業知識解釋給一般民眾聽，這過程其實是一門很深奧的學問吶。

櫃檯幫忙其實不是件太困難的事，就是偶爾要幫忙3D立體劇場的導引與發眼鏡、請入場的遊客登記參觀與詢問是否需要展館簡介。在發簡介的過程中，我們覺得既然要讓遊客帶回家，除了在南展館的回憶，也希望能給予遊客一些關於核能的小知識，且地下室存放的「何博士核能小常識」有好幾箱，於是我們便開始鎖定年輕族群或親子團體發「何博士核能小常識」。好比說我們第1梯的其中一個小夥伴明倫是學企管的，就很擅長一邊發一邊講解推銷，建立了基礎的核能外交第一步。





除此之外，我們也討論設計了一系列與南展館有關的紀念禮品，比方說紙膠帶或是風力發電機筆，希望可以讓遊客帶回屬於南展館獨特的紀念。也有提到可以販售些文青小品，好比說是明信片等等，可以吸引一些來附近旅遊的年輕族群。





▲ 上圖為粉絲專頁活動，右邊是音樂會的活動，達成 695 個讚、785 則分享的熱烈迴響





▲ 圖為台電南部展示館粉絲專頁專屬的導覽姊姊圖文介紹

因為之前就有經營粉絲專頁的經驗，於是也想針對南展館通常都只有導覽團體貼文的粉絲專頁進行改善，比方說是配合活動修改封面、粉絲專頁活動、南展館的特色介紹與核能能源小知識等，經過導覽姊姊們的同意，藉由導覽姊姊們的形象去製圖介紹，讓台電南部展示館的粉絲專頁能更有活動力，內容更加充實精彩！

另外，我們也配合音樂會及夜訪南展館的活動，製作看板、海報，甚至名片，到附近景點宣傳，也放一些在專門給遊客旅遊資訊的商家。

結語

很感謝台電給予我們這次機會，讓我們有機會來台電南部展示館學習，提供我們的點子與構想，並且將之實行，我覺得這是一個很好的經驗。也希望未來還能夠有這樣的機會，讓更多對台電有愛、有熱誠的青年加入參與。

非常感謝這段時間，廠長、副廠長們、館長、薛課長、張課長、書鳳姊與所有導覽姊姊，還有廠內的姊姊們的照顧，核三廠的台電南部展示館真的是最棒的地方！我們都將以曾在這裡服務過為榮，南展館永遠是我們的南展館，是一個像家一樣溫暖的地方。

（本文作者為成功大學現代文學研究所二年級學生）





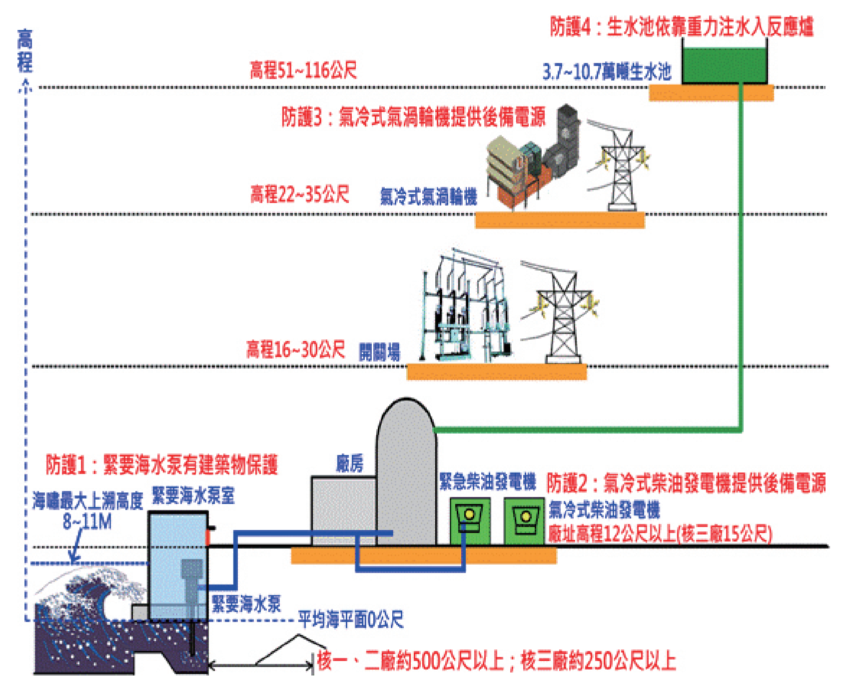
▲ 上圖是第 1 梯的夥伴 3 人：推銷達人李明倫、我、維修專家何冠霖；下圖是我們與第 2 梯小夥伴，拿著自製的看板去墾丁大街路上宣傳 8/15 音樂會，左起冠霖、崧豪、鈺芝、文卿與我

核災緊急應變 你不可不知

文・編輯室

台灣核電廠安全嗎？如果發生類似福島的事故，是否能夠因應？

如果發生類似福島的事故，我們的核電廠會比福島電廠安全。首先，我國核電廠原來就比日本福島電廠多了緊急電源和水源的提供設施，而且在日本發生核災後，我們馬上體檢3座核電廠的安全相關設備，強化核電機組抗地震、防山洪、耐海嘯的能力，裝設更多的設施來強化安全和應變系統；把電廠全黑（喪失電源）的狀況降至最低，而且要求電廠制定「斷然處置措施」，以維護民眾安全和環境為最優先。



▲ 圖 1. 我國核電廠防海嘯 4 道防護示意圖

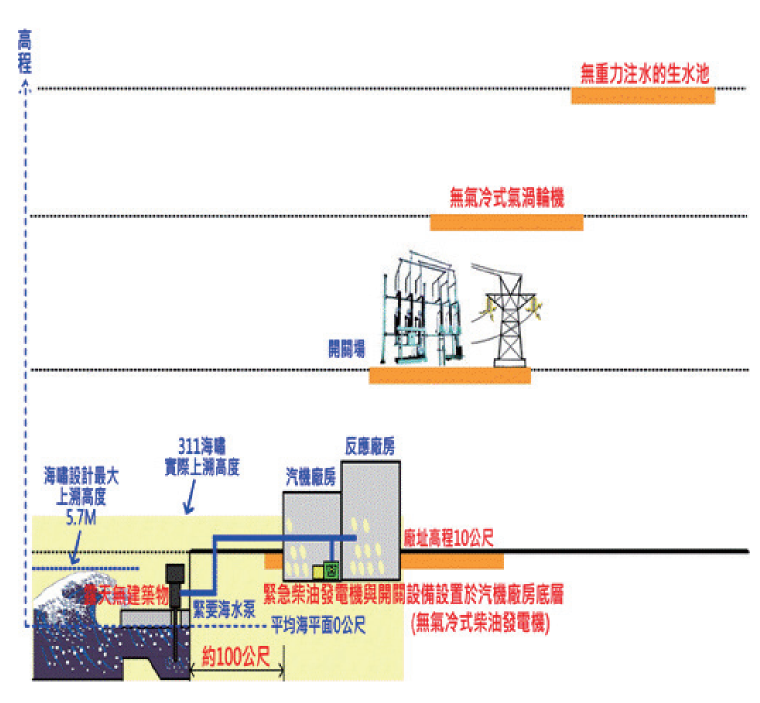
我國與福島一廠防海嘯設計及重要設備差異：

（1）所有的緊急海水泵有鋼筋混凝土建築保護。
（2）緊急柴油發電機及廠房在地面層（美國核電廠原始設計將緊急柴油發電機置於地面層以下的目的在於防範龍捲風損壞設備）
（3）有一部兩機組共用的氣冷式緊急柴油發電機（依據我國安全度評估結果顯示核電廠喪失外電的爐心熔毀風險最高，故增設此種氣冷式設備以降低整廠風險）
（4）有兩部兩機組共用的氣冷式氣渦輪發電機（台灣屬狹長型島嶼且無相連的電網備援，考量此種電網型態較不穩定，故在核電廠設計時增設以備全黑起動之用）
（5）位於高處的生水池（台灣因旱季缺水的特性，故設置貯存量達數萬噸的生水池，目的在供應乾旱期系統所需補充的淡水）

我國核電廠在設計觀念上針對防海嘯設計與福島電廠的比較如圖1、圖2。

「斷然處置措施」

我國汲取福島事件的經驗與教訓，要求各核電廠制定斷然處置措施，確保機組在緊急狀況時，能果決斷然執行反應爐灌水程序，避免爐心熔毀及放射性物質大量外釋，使環境和民眾受到的影響減到最低。



▲ 圖 2. 日本福島一廠防海嘯設計示意圖

水果能幫助身體燃燒卡路里、燃燒脂肪

文・編輯室

常見於莓果、葡萄等水果中，一種多酚類叫白藜蘆醇的抗氧化劑，似乎能將多餘的不健康白色脂肪轉換成能幫助燃燒熱量的米色脂肪。這項新的研究或許對於肥胖的防治與治療會是一項新的契機。

目前普遍的認知是當我們吃得太多，多餘的脂肪便會以白色脂肪的形式儲存，而當脂肪量多到一個程度的時候，白色脂肪細胞會因飽和無法再變大，而這樣的細胞會超過負荷然後死亡，進而釋出毒素，導致發炎現象，造成一些健康的問題，如胰島素阻抗及糖尿病。

美國華盛頓州立大學研究人員給予小鼠高脂飲食，並且每天給予受試小鼠相當於人類食用12盎司水果所得到的白藜蘆醇的量。結果發現給予白藜蘆醇的小鼠較未給予的小鼠減少40%因高脂飲食而引起的肥胖，而這項研究也被發表於國際期刊-肥胖（Obesity）當中。

研究也發現白藜蘆醇會促使小鼠將體內多餘的白色脂肪轉化為能夠燃燒熱量的米色脂肪，是藉由活化一種會調節身體能量代謝，稱為AMPK的酵素而產生的。

過去科學家一直認為人體中僅含有兩種類型的脂肪，一種是儲存能量的白色脂肪，一種是能夠燃燒脂肪產生能量的棕色



脂肪。直到最近幾年，科學家才發現還有一種米色脂肪，是由白色脂肪褐化形成，功能與棕色脂肪類似，能夠消耗脂肪、產生熱量。

所以多吃含有多酚類抗氧化劑水果，或許對於肥胖的防治與治療會是一項新的契機。

第2型糖尿病會在2年後造成腦部損傷

美國哈佛醫學院進行的小型研究發現，第二型糖尿病的患者在短短2年之內可



能就會發展出腦部血流調節問題，而造成大腦的思考及記憶能力降低。這項研究發表於神經學（Neurology）期刊。

該研究主持人、哈佛醫學院神經系教授Dr. Vera Novak表示，大腦認知能力的快速下降，可能與大腦的血流調節能力下降有關。

研究人員評估40名平均年齡66歲的受試者，其中有19位患有第2型糖尿病，其他21位本身並無血糖問題。受試者在2年前與之後個別進行抽血，檢測身體的發炎狀況及血糖狀況，同時完成思考能力和記憶能力的測試，並以核磁共振（MRI）掃描大腦的血流狀況。

結果發現：在學習能力與記憶能力的測驗結果中，患有第2型糖尿病者2年前、後評值下降12%，從46分下降至41分，這意味著2年前可以在測試時將接收到的訊息轉換成記憶的字數是10個字，但2年後是8-9個字；而未患有糖尿病者的評值則是持平，平均為55分。

患有第2型糖尿病的受試者，即便是他們的血糖狀況控制得很好，體內發炎的程度越高，則血流的調節能力越差（2年前、後血流調節能力減少65%）。

在Dr. Vera Novak先前的研究中發現糖尿病患者的大腦平均較一般人老5歲，也就是說糖尿病患者的大腦老化的速度較一般人快很多。

註：根據美國糖尿病協會(ADA)的定義，第2型糖尿病患者是指在未使用任何胰島素的情況下，身體無法產生足量的胰島素以控制血糖的穩定。

「黃豆到底是好是壞」系列報導

黃豆中含有的大豆異黃酮又稱為植物雌激素，可以活化雌激素受體，所以能夠幫助更年期婦女及幫助女性皮膚光滑、細膩、柔嫩、富有彈性，煥發青春風采。研究顯示，現代女性出現更年期提早的現象，若長期補充大豆異黃酮，可使體內的雌激素維持正常水平，延遲更年期發生，達到延緩衰老的作用。另外，經期不適的症狀一般與雌激素分泌不平衡有關係，長期補充大豆異黃酮可使體內的雌激素維持在正常水平，達到改善經期不適的目的。

但值得注意的是，雖然流行病學研究中發現黃豆製品對於與荷爾蒙相關的癌症，具有廣泛的預防效果，但在動物臨床實驗中，大豆異黃酮「萃取物」不但無助於癌症的預防，甚至可能助長癌症的風險。

或許黃豆對身體的益處不單只歸功於大豆異黃酮，所以多攝取天然、非基因改造的黃豆製品才是保健的良方。

（以上健康資訊由喜悅健康診所提供）

福島事故 4 年後──日本川內核電廠重新開始運轉

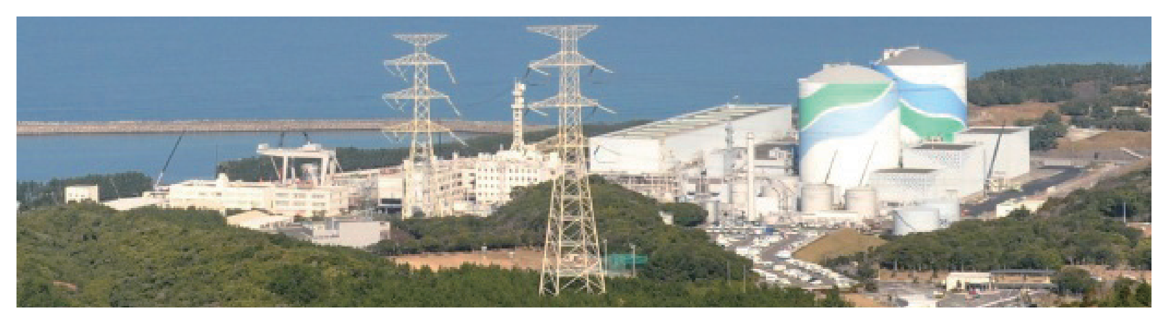
文・編輯室

2015年8月11日，位於日本南方鹿兒島縣的川內核電廠1號機組正式進入重啟程序，代表日本在福島事故後將近兩年的「零核家園」宣告終結，川內1號機已於今年9月10日下午4點整（日本時間）開始商轉。

九州電力公司於8月11日上午宣布，將於上午10時30分將1號機的爐心控制棒移除，開始電廠啟動程序，此座8.9萬瓩的壓水式反應爐預計在晚間11時達到臨界，且將從8月14日開始向電網供電。該機組的功率輸出將逐漸增加，接著將接受性能測試，計畫於9月初正式進行商業運轉。

位於鹿兒島縣的川內電廠1號機，是日本自2013年9月暫停使用核電至今，第一座開始運轉的反應爐。九州電力公司董事長瓜生道明（Michiaki Uriu）表示，九州電力公司將這次的啟動視為日本重啟核電最重要的其中一個步驟，他也補充：「我們將繼續努力，竭盡最大所能以通過日本原子力規制委員會（NRA）的審查，並會認真地貫徹剩下的程序，將比以往都戰戰兢兢，視核能安全為最大優先。」

川內電廠的兩座機組分別在2011年5月與9月進行定期性的維修，與日本所有的反應爐機組相同，重啟動作均持續延宕，因為自從2011年3月福島事故後，申請重啟的核電機組必須等到NRA確認所有細項均符合安全標準，才可重啟，且電廠的安全審核與其他長期營運審核是分開進行的，難度因此而加深。川內電廠是日本



▲ 擁有 2 座機組的川內電廠（來源：日本原子力產業協會）

福島事故後首座達到新管制基準的核電廠，加上擁有鹿兒島縣本地的支持，重啟的申請被優先列入考量。

九州電力公司於2013年7月向NRA提交了一份聯合申請書，希望能得到川內電廠兩座機組的重啟許可，同時能強化反應爐設備與改良運轉安全一系列的措施。兩個月後，即便還有一些抗震性能測試還未完成，NRA仍批准九州電力公司對川內電廠兩座機組提出的申請，這同時也代表著NRA將川內電廠視為可安全運轉的核電廠，對此提供有力的支持，分別於今年3月與5月批准1、2號機的施工許可。

在今年5月得到NRA批准的川內電廠安全營運方案，內容包含了火災、水災、其他天然災害或嚴重事故的緊急應變計畫。1號機自7月7日開始裝填燃料，在3天後即完成作業；7月底時進入各種事故演練程序，以檢驗相關工作人員是否做好萬全準備，具備應付各種大型緊急事故的能力。

日本的核電機組在311福島事故後陸續停止運轉，並進行各項安全檢測，於2013年9月停止運轉的大飯核電廠，是福島事故後最後一座脫離運轉行列的核電機組。目前有超過20座反應爐機組仍在申請重啟的過程中，其中5座已獲批准，一旦前幾座機組獲准重新開始運轉後，預計之後批准的速度會逐漸加快。而川內2號機預計幾個月後即可開始運轉，日本當局期望在重啟核電後，在2030年前核能發電占比可恢復至20-22%，且比2013年減少26%的二氧化碳排放。

九州電力公司指出，重啟川內1號機每月即可為國家減少6,000萬美元的化石燃料支出，對國家經濟有非常大的幫助；而世界核能協會（World Nuclear Association）秘書長阿格妮塔・瑞新（Agneta Rising）也對川內1號機重啟表示，今日的日本已讓全世界知道：「日本正致力創造一個更美好的未來」，並在恢復其貿易平衡與能源獨立性，以及降低碳排放的路徑上穩住腳步，此舉動非常具有代表性。瑞新還提到，日本民眾對核電的信仰因福島事故而動搖，是完全可以理解的，但現在民眾必須看到的是，日本核電機組為了保護人民與環境，因而有效率、可靠地運轉；最重要的是民眾必須回想起核電長久以來，在民生工業中扮演支援產業、降低民生物價，且確保日本能源安全的重要角色。

資料來源：

1.http://www.world-nuclear-news.org/C-Japans-post-Fukushima-nuclear-shutdown-ends-1108154.html

2.http://www.neimagazine.com/news/newsnra-approval-for-sendai-operation-4640231

3.http://www.kyuden.co.jp/en_press_150910-1.html

韓國正式啟用首座放射性廢棄物處置場

文・編輯室

位於北慶尚道的韓國首座中低放射性廢棄物處置場，於今（2015）年8月28日舉行開幕儀式，宣告正式開始啟用。當天出席儀式的韓國政府官員有韓國總理、慶尚道省長、慶州市長，與當地1,000位民眾。

此座價值1.56兆韓元（約新台幣450億）的處置場選址過程開始於1986年，韓國首座反應爐－古里1號機於8年後開始運轉。而處置場的建設工程自2006年初開始，在2014年6月完工，第一期建設工程包括了6座高度40公尺、直徑約24公尺的地下混凝土貯存窖，僅第一期的建設即可放置10萬桶的放射性廢棄物。

韓國核能管制機構－核子安全與保防委員會（NSSC）於去年12月批准處置場的第一期設施可開始運轉，第一批置於混凝土容器內的16桶（200公升/桶）放射性廢棄物，於7月13日被送至其中一座地下混凝土貯存窖，到目前為止共處理了將近900桶的廢棄物。

至於此座處置場的第二期設施將靠近地表，於2012年1月開始建設，預計在2019年完工，二期工程完工後將提高處置場的貯存容量至12.5萬桶中低放射性廢棄物，最終將會有80萬桶放射性廢棄物放置於此處置場。

低放射性廢棄物由核能相關場所使用的衣服、過濾器與設備器具所組成，通常放置在金屬桶內，然後經加壓以利貯存。中放射性廢棄物則包含了樹脂、化學汙泥與金屬的燃料保護套等含有較高放射性物質，且需要屏蔽的廢棄物。



▲ 受邀貴賓一同打開慶州設施（KORAD）

韓國放射性廢棄物機構（KORAD）執行長李鍾郁（音譯）表示，位於慶州的中低放射性廢棄物處置場已受到國際原子能總署（IAEA）認可，是一個安全的處置設施。此外他也補充，韓國放射性廢棄物機構已開始更新即時輻射劑量數據，隨時供民眾檢查處置場的安全。

資料來源：

1.http://www.world-nuclear-news.org/WR-First-waste-disposal-at-Korean-repository-1407154.html

2.http://www.world-nuclear-news.org/WR-Korean-repository-officially-opens-0109154.html

核能新聞

文‧編輯室

國外新聞

瑞典放射性廢棄物專家向台灣提供協助

由核電公司合資建立的瑞典放射性廢棄物管理公司（SKB），其旗下負責SKB國際業務的子公司－SKB國際有限公司（SKB International AB）於7月初與我國簽署了一份為期3年的合作協議，將針對我國放射性廢棄物最終處置計畫提供協助，目前預計於2065年開始執行。

因我國政府要求台灣電力公司於2017年前提交報告，向政府說明該如何處理從6座運轉中核電機組卸出的用過核燃料，SKB國際公司將就這方面協助台電制定最終處置計畫書。

我國目前是傾向採用與瑞典與芬蘭互相對應的「SKB-3方法」的最終處置方案，但SKB國際公司指出，台灣的條件與瑞典和芬蘭不同，例如台灣有較大的地震風險，且不需將未來的冰河時期列入考慮，因為冰河時期對台灣本島影響程度非常之小。

SKB國際公司的主要工作內容將包括知識的轉移，以支援最終處置場系統的設計與評估其安全，同時也將與我方負責此計畫的專家舉辦交流研討會，SKB國際有限公司已先與數位專家見過面。一位參與此份合作協議協商的SKB國際公司人員表示，「此份協議為本公司歷年來所簽署最大的協議，同時也證明國際上對瑞典在放射性廢棄物最終處置方面專業技術的需求。」

（2015.07.07, SKB News）

福島電廠放射性汙水因大雨再次溢出

東京電力公司於近期表示，福島電廠貯存的放射性污水在豪大雨過後從排水渠道滿出，流入大海。相同的排水渠在今（2015）年2月已發生一次因降雨導致放射性汙水溢出事件，東電因此在排水渠的下游建造一座堤防，在汙水滿出流入大海前，利用水泵將排水渠內的汙水抽出。

在發生汙水外溢的兩小時後，東電對排水渠內的降水採取樣本，檢驗結果顯示每公升水中含有放射性銫830貝克，超過政府規定可排入海洋的標準，除了銫之外同時也驗出含有β射線的放射性物質1,100貝克。東電推測因雨水對含有放射性物質的泥土造成的沖刷作用，導致雨水本身也遭到汙染，且累積的雨量已超過電廠水泵可以負荷的程度。東電表示沒有辦法在短期內讓貯存槽停止溢出，但已對放射性物質的密度做嚴格的監控。

（2015.07.20, Nuclear Engineering International）

新式原料將延長反應爐壽命至120年

俄羅斯聯邦原子能機構Rosatom於近期開發出一款新式「極純鎳合金」，以此種金屬製造反應爐壓力槽可將反應爐壽命延長至120年。

因反應爐壓力槽為裝置爐心本體的容器，對溫度、壓力、輻射均有高度適應力的要求，且該部位在整個反應爐鋼筋混凝土的底部，是唯一一個無法更換的主要部位。Rosatom近期為VVER-TOI反應爐開發出新式「強化」反應爐壓力槽，可將反應爐壽命延長至120年，比Rosatom在新沃羅涅日（Novovoronezh）與列寧格勒（Leningrad）二期的VVER-1200反應爐的100年壽命，多出整整20年。目前多數國家在使用的先進式反應爐壽命均為60年，延役也僅可延長至80-100年，此種鎳合金的開發實為一大進步。

第一座新式壓力槽採用重450噸的建材，鑄造成長6公尺、直徑4.5公尺的無縫殼狀物，但目前還沒有決定要在哪裡使用此座試驗型壓力槽，目前有可能使用在土耳其阿庫優（Akkuyu）或印度庫丹庫拉姆（Kudankulam）電廠的新機組。Rosatom表示，下一步將在其子公司Atomenergomash建立與其相同的鑄造能力。

（2015.07.21, WNN）

法國通過能源改革法案

法國國會於今（2015）年7月通過新的能源改革法案（Energy Transition for Green Growth，ETGG），要求在2025年將國家核能發電占比降低至50%，這是法國總統歐蘭德於2012年總統大選時提出的競選承諾。歐蘭德同時也保證將在2016年底前關閉法國最古老的費森荷姆（Fessenheim）核電廠；去年6月在國家能源辯論會後即宣布，法國核能發電的上限將維持在63.2百萬瓩電。去年核電占法國年度總發電量的77%，水電、化石燃料與風力分別占13%、5%與3%。

法國國民議會於去年10月開始對能源改革法案提出辯論，目前已與該法案的主要目標達成一致，包含：以1990年溫室氣體排放量為基準，至2030年減少40%的排放量，2050年減少75%；2050年的總能源消耗減少為2012年的一半；2020年前提高再生能源的比重至23%，2030年提升至32%；並降低核能發電比重至50%。

這項包含970項修正案的法案現在已正式通過，為法國碳稅的徵收訂下長遠的目標，2016年時將從現在每噸14.5歐元提升至22歐元，2020年的56歐元與2030年的100歐元。這項新政策的制定同時也代表法國電力集團EDF公司必須先關閉老舊核電廠才可讓新式核電機組上線，位於弗拉芒維爾（Flamanville）電廠的EPR機組建設工程預計將在2017年開始，迫使EDF必須關閉一座運轉中的核電機組，而這座機組很有可能就是費森荷姆。

（2015.08.10, Nuclear Engineering International）

中國首座國產核電廠安全穩定控制系統開始運轉

由中國電建集團所屬的福建省電力勘測設計院，其總承包建設的國內第一座核電廠安全穩定控制系統，於今（2015）年9月初在福建寧德核電廠順利運轉，填補了中國核電機組參與電網安全穩定控制的空白。該控制系統針對核電廠在故障失穩時可能出現的各種問題而設計，對寧德核電廠與福建電網的安全穩定運轉具有非常重要的意義。

位於中國福建省寧德市秦嶼鎮的寧德核電廠，是中國第一座建設於海島上的核電廠，規劃建設6台百萬瓩級壓水式機組，

一次規劃但分期建設。一期工程為建設4台百萬瓩機組，完工後年發電量將達到300億度。由於核電機組對安全性的要求極高且控制系統複雜，通常在電網出現安全問題時都盡量避免切斷核電機組連網；而寧德核電廠距離負載中心很遠，在長距離電力輸送的過程中若出現線路故障就可能導致不同步與震盪等問題，此時必須採取切斷核電機組連網的措施，迅速將不同步的核電機組的出力降低至零，才可保證電網安全穩定運行。

由於此控制系統的研發，福建省電力勘測設計院對於核電機組失步震盪的安全穩定控制方案、切斷連網後電廠需要採取的緊急措施、此系統裝置的協調控制原則，以及對核電廠運轉安全與設備的影響等，進行專題研究。多項研究成果填補了中國核電機組參與電網安全穩定控制技術的空白，相關技術均在申請專利當中。

目前中國核電正處於大規模建設、加速發展時期，寧德核電廠安全控制系統的運轉以及相關研究成果，將為其他核電廠安裝與實施安全穩定控制系統提供良好的示範。

（2015.09.08，中國國務院國有資產監督管理委員會）

麻省理工學院研究近海漂浮核電廠

美國麻省理工學院的研究人員，已對離岸漂浮式核電廠設計展開研究。漂浮核電廠與一般核電廠不同，於造船廠完工後即停泊在離海岸約8-10英里的海面上，可確保它們位於領海之內，也容許將它們放置在深度足夠的海水中，使海嘯無法產生任何撞擊。麻省理工學院研究顯示，海嘯是造成許多沿岸核電廠受創的元兇之一，但海嘯卻無法在深海中形成，只有在淺水的環境下才可達到致命的程度。

在一座類似石油鑽井平台上建造漂浮式反應爐，會有部分零件沉浸在海面下以保持平衡，並防止潛在的過熱事故發生，底下的海水亦可進行冷卻。在正常運轉的情況下，海洋底層溫度較低的海水將被抽出以用來冷卻反應爐，溫度較高的海水則會從海面排出，海面的海水原本溫度就較海底高，是對海洋熱狀態「零影響」的反應爐。

麻省理工學院核工系教授布歐吉歐羅（Jacopo Buongiorno）指出，漂浮式核電廠的平台為鋼鐵製成，與位於人口稠密的陸上核電廠不同，不需要大量的混凝土建造圍阻體。使用混凝土建造不只過程會排放二氧化碳，價格更是昂貴，而且常常是造成核電廠工程延後的主要原因，因此對此設計非常認同。

另外，在造船廠建造核電廠有許多優點，當電廠到達運轉期限時即可直接拖回造船廠進行除役；造船廠也將因龐大的核電機組建設工程帶來優勢，因為他們已經處裡過世界上各種大型船隻，包含核子動力潛艇與航空母艦。

根據麻省理工學院的資料，3萬瓩或11萬瓩的反應爐與相關的安全系統均位於反應爐底部的防水隔艙中，以加強防護與核安，使反應爐更容易取得海水，且重心更低更穩定。爐心與其他相關零件則覆蓋在位於圍阻體內的壓力槽中，槽的周圍充滿海水，可通過管線自由進出。漂浮核電廠概念雖與一般核電廠相似，但這個研究計畫似乎可解決許多目前核電廠存在的問題。

（2015.06.25, Nuclear Street）

國內新聞

用過核燃料境外再處理與核一、二廠延役無關

針對近日外界對於用過核燃料議題的相關疑慮，台電強調，用過核燃料境外再處理是為了因應核一、二廠於運轉執照到期前（107年至112年），維持一年250億度、占全台超過1/10發電量得以穩定供電的小規模計畫，並非為了延役。境外再處理於國際上也行之有年。

小規模用過核燃料境外再處理數量僅為核一、二廠3年用過核燃料，共1,200束，經再處理所產生的鈽與鈾等可用物資，將移轉給得標廠商，不會運回台灣。而最終運回的高放射性廢棄物體積，會縮減為原來的1/4-1/5；經過玻璃固化處理後，輻射物質被完全包封、不會外釋。至於核燃料的金屬框架屬於低放射性物質，可以用壓縮方式處理（約37.5立方公尺）。

台電強調將依行政院「放射性廢料管理方針」，妥適處理放射性廢棄物。

（2015.09.09，本刊訊）

民間人士核安評論 應本於事實

針對媒體刊登有關核一廠7年沒維修該廢爐相關報導，嚴重與事實不符，台電嚴正駁斥該負面指控。台電強調，歡迎全民一同監督核能安全，但評論應基於事實，而非憑空杜撰，針對相關不實言論，台電澄清如下：

一、核一廠爐心系統已7年無法正常維修？系統未全面檢修？

台電澄清，核能機組目前每1年半就會定期全面系統檢修，包含管線、閥門與冷卻等系統，以及反應爐槽材質檢測以確認無脆化問題；檢修作業無須將燃料棒全數取出即可進行，且檢修測試後皆須經原能會審查許可，核電廠才可再運作。

二、台電想讓核電廠延役？

台電強調，小規模用過核燃料境外再處理計畫是為了因應核一、二廠在40年運轉執照到期前，因用過核燃料池貯存容量不足而將提前停止運轉的供電問題，實際只有核一、二廠3年用過核燃料數量，非為延役所做規劃。

三、用過核燃料境外處理的法國官方回函？境外再處理鈽與鈾仍會運回台灣、且體積更大？

台電澄清，目前用過核燃料境外再處理全案尚未招標、簽約，因而台電從未接獲所謂的法國官方回函。台電於未來招標文件將明確規範，投標廠商的投標文件須出具該國政府同意的保證文件，確保再處理回收的鈽與鈾用過核燃料不再運回台灣，作為履約保證，請民眾放心。而送往境外處理的用過核燃料，最終運回的高放射性廢棄物，體積也將縮減約為原來的1/4-1/5，並經玻璃固化處理安全作業。

四、日本不再採用境外處理用過核燃料？

國際上將用過核燃料送到境外再處理的國家有荷蘭、比利時、瑞士、德國、義大利及日本等，運輸安全及再處理技術均為成熟作業，而日本之所以不再將用過核燃料送往境外處理，是因日本已自行興建一座每年可處理800公噸鈾的用過核燃料再處理廠，目前正試運轉中，明年可望正式商轉，因此日本自2004年起不再將用過核燃料送至法國、2007年起也未再送至英國處理用過核燃料。

（2015.09.07，本刊訊）

何博士的日常豆知識

Q：大家一起節約能源，
是不是就可以不要核電？

事實
台灣**核能發電約佔18%**，
相當於全台住宅用電，
立即廢核幾乎不可能！

是這樣嗎？
簡單啊，
那我就減少打怪時數嘛！



是這樣嗎？
簡單啊，
那我就趁機調體質啊！



事實
電力配置要考量**尖峰需求**
(通常是夏季平日下午)，
而尖峰時段是不容易大幅節電的！

應該是這樣的！



事實
依過去30年經驗，
電力需求與**經濟成長**及**生活品質成正比**。
如果經濟持續溫和成長，
即使努力節能，用電仍會微幅成長。

節約能源，並發展替代能源，逐步減少核能發電。這就是「穩健減核」的真義。

何博士的日常豆知識

Q：積極發展太陽能，
就可以不要核能嗎?

汝講啥？
日頭這麼大，看嘸

不行！
因為太陽能發電還有這些問題：

不穩定！
陽光夠強才能發電，沒太陽就沒電。

太佔地方！
太陽能板鋪滿整個台北市，
還達不到目前全國核電廠發電量。

太貴！
台灣太陽能發電成本，
是平均發電成本的2～3倍。

太陽能發電無法24小時穩定供電，成本又高，現階段仍無法取代核電